

تلوث البيئة وملوثاتها

دكتور

حسين العروسی

مكتبة المعارف الحديثة
حمادة زغلول
اسكندرية

الجزء الثاني

المصادر الرئيسية للتلوث البيئي

تلوث البيئة وملوثاتها

دكتور

حسين العروسي

2000

**مكتبة المعارف الحديثة
23 شارع تاج الرؤساء / منيا باشا
الإسكندرية**

الجزء الأول

تلوث الأوساط البيئية

المحتويات

رقم الصفحة

5	جزء الأول : تلوث الأوساط البيئية
7	بيئة الإنسان كيف كانت وإلى أي حال صارت
17	تلوث الهواء الجوي
34	تلوث المياه العذبة وتلوثها
48	تلوث مياه البحار والمحيطات
59	تلوث التربة
64	تلوث الغذاء
76	التلوث الداخلي
83	النتيجه : المصادر الرئيسية للتلوث البيئي
85	مصادر التلوث البيئي
89	حرق الوقود
106	المبيدات
118	قمامة المدن
129	الصرف الزراعي
133	الصرف الصحي
145	التلوث الناتج عن الصناعة
151	جزء الثالث : الآثار العامة للتلوث البيئي
153	التأثيرات الصحية
166	الأمطار الحمضية
173	تعب الأوزون
180	الإشعاعات والتلوث الإشعاعي
190	التلوث والأمراض السرطانية
203	جزء الرابع : تلوثات أخرى
205	التلوث البيولوجي
213	التلوث السمعي
221	التلوث الحراري
223	تلوث الفضاء الخارجي

فهرس : المحتويات

رقم الصفحة

225	الجزء الخامس الملوثات
227	الملوثات المعدنية والكيميائية
229	الغبار والدخان
235	الكربون ومركباته
242	الكبريت ومركباته
246	النيتروجين ومركباته
251	الأوزون
254	الهالوجينات
259	المعادن الثقيلة
273	الأسبستس
276	اللدائن
281	الغازات السامة
284	ملوثات أخرى

291	الجزء السادس : التشريعات لمكافحة التلوث
299	المراجع
301	

بينسة الأرض كيف كانت ... وإلى أى حال صارت ؟

خلق الله الأرض منذ ما يقرب من خمسة ملايين سنة ، كانت آنذاك فى حالة
غير صالحة للحياة ... كانت الأرض كتلة كبيرة من مواد منصهرة محاطة بجو من
غازات كثيفة ، يعتقد أنه كان يتكون من النشادر والأيدروجين والأكسوجين وثانى
أكسيد الكربون ... حرارة سطح الأرض والجو المغلف لها شديد الارتفاع ... الماء
الضرورى للحياة لا وجود له . مرت لؤمنة جيولوجية طويلة تغيرت فيها بيئة
الأرض ... تغيرت طبيعيا وكيميائيا . فى تلك العصور العتيقة لم تكن للحياة فرصة
للوجود . مرت حوالى 500 مليون سنة منذ نشأة الأرض ، بردت فيها حرارة
الأرض قليلا قليلا ، تصلبت أثناء ذلك أجزاء من سطح للكتلة المنصهرة ... ظهر
فى الجو بخار الماء الذى نتج عن إتحاد بين غازى الأيدروجين والأكسوجين .
إزدادت برودة الجو وبدأ تساقط المطر من السحب للكتيفة المغلفة للأرض . كانت
بيئة الأرض آنذاك ، سواء من ناحية سطحها المنصهرة أو المتصلبة ، أو من ناحية
تركيب الغلاف الجوى المحيط بها ، أو من ناحية معدلات الحرارة السائدة ، أو من
جهة مستوى الإضاءة الشمسية ، مختلفة تماما عن الظروف الطبيعية والكيميائية
السائدة حاليا . إنخفضت حرارة سطح الأرض وجوها ، لكنها لا زالت تعتبر شديدة
الارتفاع بمقاييسنا الحالية ... لم تكن حرارة الأرض ناشئة عن حرارة الشمس ، بل
كان مصدرها حرارة للكتلة المنصهرة فى جوف الأرض ... ضوء الشمس المباشر
لا يصل إلى سطح الأرض نهارا أو ليلا ، فالسحب كثيفة والأمطار غزيرة ومستمرة
السقوط ، لا تكاد تصل إلى سطح الأرض أو قريبا منه حتى تتبخر ثانية . الغلاف
الجوى تغير تركيبه عن ذى قبل ، فأصبحت غالبية مكوناته من غازات الميثان
وثانى أكسيد الكربون والنشادر ، إضافة إلى بخار الماء ، فقد إتحد معظم ما بالجو
من إيدروجين وأكسوجين وصار بخارا مائيا . إستمر الإنخفاض فى درجة حرارة

الجو فوصلت الحرارة إلى درجة تسمح ببقاء الماء السائل المتساقط على سطح الأرض وأصبحت الأرض مهياة لظهور حياة عليها .

يعتقد أن الحياة الأولى ظهرت على الأرض منذ حوالي 3800 مليون سنة. كانت الأحياء الأولى بدائية بسيطة ... عاشت دون أكسوجين في الجو أو بقليل منه ... حياة لا هوائية محبة للحرارة المرتفعة ... إنخفضت حرارة الجو أكثر فأكثر ... تغير جو الأرض تدريجياً فظهرت لحياة وإنثرت أخرى ، وفقاً للتغيرات الحادثة . استمر الإنخفاض في حرارة الأرض حتى وصلت إلى المعدلات الحالية ، وأحياناً إلى معدلات أبرد خلال عصور جيولوجية سابقة . وقلت كثافة السحب فسمحت للشمس بالسقوط . تلائم التغير في جو الأرض مع ظهور كائنات تحتوى على كلوروفيل ، فكان له دور كبير في تغيير جو الأرض. الكلوروفيل ؛ المادة الخضراء التي ميزت النباتات البسيطة ، لعب دوراً رئيسياً في تغيير جو الأرض لصالح الإنسان . قام الكلوروفيل الموجود بالنباتات البسيطة التي إحتوت عليه بسحب الكثير من غاز ثاني أكسيد الكربون الذي كان يسود جو الأرض وأنتج بدلاً منه غاز الأكسجين . من ذلك الوقت بدأ الأكسوجين في الزيادة بجو الأرض وبدأ ثاني أكسيد الكربون في التناقص .

نهيات بيئة الأرض لإستقبال أنواع أخرى من الحياة تحتاج إلى الأكسوجين لمعيشتها ... تنوعت الأحياء النباتية كما تنوعت الأحياء الحيوانية ، وإزدادت أشكالهما ووظائفهما تطوراً ورقياً .

منذ ما يقرب من 250 ألف عام كانت بيئة الأرض طبيعياً وكيميائياً وبيولوجياً في أفضل صورها لإستقبال أنكى مخلوقات الله وأقدرها على المنافسة وإستعمار الأرض ، فكانت خلقة الإنسان وسط بيئة ملائمة له ومناسبة لنسله ... تربتها جيدة غنية بعناصرها ... جوها نقي يحتوى من الأكسوجين القدر المناسب لحياة الإنسان

والحيوان والنبات ويحتوى من ثانى أكسيد الكربون القدر البسيط الذى يتلاءم مع حياة النبات الضرورى لتغذية الإنسان وحيواناته ... ماؤها العذب يجرى على سطحها أنهارا جارية نقية ، كما يجرى فى باطنها على أعماق مختلفة وقد يتدفق من الأرض ينابيعها ، وقد نحفر له آبارا ... وفى السماء يسير الماء النقى سحبا تجرى بإذن الله إلى أماكن مختلفة فتسكب بعضها من حمولتها ... هنا وهناك ... أمطارا وسيولا ، تروى أرضا عطشا فتخرج من كل الثمرات رزقا للإنسان.

(وأزلنا من المعصرات ماء ثجاجا لنخرج به حبا ونباتا وجنات ألفافا) *

تغير جو الأرض كثيرا عن ذى قبل ، فأصبح ملائما للأحياء الجدد ، فجو الأرض حاليا يتركب أساسا من 78% نتروجين و20% أكسوجين ، والباقي 1% أرجون ثم مكونات أخرى ، وأهمها لأحياء الأرض غاز ثانى أكسيد الكربون ونسبته حوالى 0.03% .

ظهر الإنسان ، بعد أن سبقته إلى الحياة تشكيلة كبيرة أخرى من الأحياء ... بعضها يتلاءم مع الحياة المائية ... والبعض يتوافق مع المعيشة الأرضية ... والبعض يعيش داخل التربة ... والبعض يعيش على سطحها ... والبعض يسكن أعالي الأشجار ويحصل على غذائه من خيرات الأرض والماء ... والبعض يطير فى الهواء وغذاؤه من الأرض أو الماء . هذه بيئة مناسبة لحياة الإنسان ... أرض صالحة لإقامة الإنسان وإعاشته ... ماء نقى عذب صالح لشربه ونظافته وإنتاج ما يناسبه من نباتات وما يتغذى عليه من حيوانات ... هواء ذو تركيبه ملائمة له ... بيئة لم يلوثها أحد ، وإن تلوثت بفعله أو بفعل غيره من الأحياء ، فهى قادرة على تنظيف نفسها وإزالة ما بدخلها من ملوثات ، وإعادة تركيبها إلى ما كانت عليه.

تلك بيئة الإنسان عندما خلق الإنسان ... بيئة يعيش فيها الإنسان مع غيره من المخلوقات التي سبقته في الوجود ... يعيشون جميعا في حالة من التوازن لا تسمح بزيادة أنواع منها على حساب أنواع أخرى بسبب الثبات التقريبي لبيئة الأرض . العلاقات البيئية بين مختلف الكائنات الحية ، تحت الظروف الطبيعية ، علاقات متكاملة ، لا تسمح بوجود مخلفات أو ملوثات خلال سلسلة الغذاء ... مخلفات الحيوانات وبقاياها هي غذاء لكائنات دقيقة تعيش في التربة أو الماء ... نواتج نشاط الكائنات الدقيقة غذاء جيد للنباتات والتي تعتبر أول خطوات السلسلة الغذائية ... بقايا النباتات وغيرها من الأحياء تحللها الميكروبات ، وهكذا فمخلفات مختلف الأحياء لا تلوث البيئة ولكنها أغذية لكائنات أخرى .

حاليا لم تعد بيئتنا ، كما منحنا إياها رب العزة في وضعها الأول بل صارت بفعلنا بيئة أخرى ... أضفنا إليها الكثير ، كما أخلطنا بالتوازن الطبيعي بين مخلوقات الله . أدخلنا إلى مكونات البيئة مركبات جديدة وإشعاعات متنوعة أضرت بنا كما أضرت بكثير من الأحياء التي تشاركنا سكنى هذه البيئة . لم يقتصر إضرارنا للبيئة على ذلك ، بل غيرنا من طبيعة البيئة ، فتأثرت حرارة الجو ، وحلت الضوضاء محل الهدوء في حالات كثيرة . ففي السنين الأخيرة في أقل من قرن من الزمان ... مع التقدم التكنولوجي الكبير ... مع الزيادة المطردة في أعداد السكان ، بدأ التدهور البيئي ، فالمسبب الأول كانت في النمو البشري لأعدادنا على الأرض ، فقد كنا لا نتعدى 200 مليون نسمة يعيشون على ظهر الأرض في السنة الأولى الميلادية ، أي بعد مرور ما يقرب من 250 ألف عام من وجودنا على الأرض ، ثم صرنا حوالي 500 مليون نسمة بعد مرور ألف عام ، ثم تضاعفنا وأصبحنا حوالي 1000 مليون بعد ثمانمائة عام أخرى أي سنة 1800 ، بعد ذلك بدأ التكاثر السريع فتضاعفنا مرة أخرى وصرنا 2000 مليون نسمة بعد مائة عام أخرى ، أي سنة 1900 ، وبعد مائة عام أخرى أي بنهاية القرن الحالي ستكون أعدادنا حوالي 6000 مليون ، ومن المتوقع وصول أعدادنا إلى 8500 مليون سنة 2025 ثم إلى 11500 مليون سنة 2050 ، ونقول الدراسات أن أعداد سكان الأرض سوف يستقر عند 14 بليون نسمة .

وتقول التوقعات أن معظم الزيادة المكانية سيكون من نصيب الدول النامية ، حيث تراجعت معدلات الوفيات واستمرت الخصوبة مرتفعة، بينما نجد أن معدلات المواليد والوفيات في الدول المتقدمة منخفضة ، متعادلة ، أعداد سكانها ثابتة .

أحدث الإنسان تغييرات كبيرة في بيئة الأرض ، فالإنسان هو العامل الرئيسي في تدهور البيئة ، وهو في نفس الوقت الضحية الأولى لهذا التدهور . ففي أواخر القرن الثامن عشر بدأ النشاط الصناعي معتمدا أساسا على الخشب كمصدر للوقود ، ثم في أوائل القرن التاسع عشر استخرج الفحم على نطاق واسع واستخدم في الصناعة والتدفئة وفي أواخر القرن التاسع عشر بدأ البترول في الظهور كوقود للصناعة ، وحدث توسع كبير في استخدامه منذ منتصف القرن العشرين . حرق الوقود بمختلف أنواعه كان المعول الأول المستخدم في هدم البيئات السليم وتلويث البيئة .

في الفترة بين عامي 1914-1919 استخدمت الغازات السامة في الحرب العالمية الأولى . وفي سنة 1945 فجر الأمريكيان أول قبيلة نرية في صحراء نيومكسيكو نلتها إلقاء قنبلتين ذريتين على مدينتي هيروشيما وNagasaki باليابان في أغسطس سنة 1945 . فالهواء دخلته غازات جديدة في الحرب العالمية الأولى ، ثم إشعاعات مؤينة قبيل نهاية الحرب العالمية الثانية

لم يقتصر التلوث على ما سبق فقد ارتفعت معدلات بعض الغازات الموجودة فعلا بالجو وأضيفت مواد أخرى جديدة على البيئة ، من ذلك ارتفاع معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون وما ينتج عنه من تأثير صوبى على الجو ، وكذلك كثرت غازات أكاسيد الكبريت والنيتروجين عن معدلاتها السابقة والتي تسببت في ظاهرة الأمطار الحامضية في بعض الدول الشمالية ، كما ظهرت غازات المركبات الكلوروفلوروكربونية وزاد إطلاق غاز الميثان وغيره مؤثرة تأثيرا ضارا على

منطقة الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير بالغلاف الجوى . كذلك فقد ساهم التقدم التكنولوجى الكبير والتوسع فى إنشاء محطات الطاقة الكهربائية فى تكوين الأوزون فى الجو القريب المحيط بنا ، فكان تكوينه ضررا على صحة الإنسان والحيوان والنبات .

إضافة إلى ما سبق يجب أن لا ننفل التجارب النووية التى تجربها الدول الكبرى والأخرى التى تريد إظهار قوتها لأعدائها وترغب فى أن تكون عضوا فى مجمع الدول النووية ، كما حدث خلال مايو سنة 1998 من إجراء الهند لخمسة تجارب نووية تحت الأرض ، تبتعتها بفترة زمنية قصيرة خلال نفس الشهر قيام باكستان بتفجير ستة قنابل نووية فى تجارب مماثلة. وهكذا تتنافس شعوب العالم ويتحدى بعضه بعضا فى تدمير أحياء الأرض نتيجة لما ينبعث عن تلك التفجيرات من غازات مشعة قد تتكون داخل التربة فى التفجيرات تحت التربة ... ملوثة للتربة والماء الأرضى ... وقد تكون محفزة لحدوث زلازل. وفى التفجيرات النووية فوق سطح الأرض تتصاعد الغازات ثم تتساقط العناصر المشعة فوق الأرضى والبحار والمحيطات محدثة أثارا ضارة على الأحياء .

لم ينج الماء من الملوثات ، فبعد أن كان ماء الأنهار الذى ينتج مقطرا ناتجا عن سيولة السحب مذييا أثناء نزوله بعض غازات الجو ومذييا أثناء سريانه بعض أملاح التربة التى تكسبه عذوبة ، ويحمل أثناء سريانه بعض الطمى الذى يغشى الأرضى التى يضرها . هذا الماء أصبح الآن مصبا للصرف الزراعى والصرف الصحى والصرف الصناعى بما يحمله كل منها من ملوثات مياتى ذكرها ، هذا بخلاف ما يضاف إليه من فضلات ركاب البواخر والصنادل والمراكب التى تسير فيه وعوادم وقودها . أما مياه البحار والمحيطات فقد أصبحت موبوءة بما يصل إلى ماثها من تلوثات الأنهار التى تصب فيها وتلوثات المصارف الأخرى ، بجانب التلوثات الناتجة عن البواخر العديدة التى تسير بها وخاصة حاملات البترول .

أما التربة ، فحدث عنها ولا حرج ، فهي مكان معيشتنا ، عليها نبني مساكننا ، ومنها نستمد غذائنا النباتي وعليها نربي أغنامنا وماشيتنا . ومع تزايد سكانها سنة بعد أخرى ، نقتطع منها ... من غاباتها وصحاريها ... من أراضيها الجيدة للمزرعة ومن مراعيها التي كانت ترعى عليها أغنامنا وماشيتنا وإيلنا ... تحول كل ذلك إلى غابات من نوع آخر ... غابات من الأسمنت والحديد ... نجرف التربة الزراعية ونحولها إلى قوالب من الطوب لنستكمل البناء ... نقتطع الغابات لنستفيد من أخشابها لتصنيع شبائيك وأبواب وأثاث . وقد قدر ما نستقطعه من غابات بحوالى 43 مليون فدان سنويا . ونقلع نباتات المراعى لنستشفى بحطبها ونستخدمه وقودا فنحول المراعى إلى صحراء جرداء . الأشجار وغيرها من النباتات هى رنة الأرض تمنحنا الأكسوجين الذى نستشقه ونسحب ما فاض عن إحتياجاتنا من ثانى أكسيد الكربون .

لم نكتف بما ذكرناه من إضرار أحدثناها بالتربة ، بل لوثنا ما تبقى من أرض ، فأضفنا إلى التربة مواد كيميائية من أسمدة ومبيدات ، وجعلنا من بعض الأراضى الأخرى مقابل نلقى فيها مخلفات مصانعنا ومخلفاتنا سواء فى صورة صرف صحى للمدن والمنشآت الصناعية أو قمامة منازلنا والتي تشمل بخلاف قمامتنا اليومية ، ما إستغنينا عنه من أثاث تالف وأجهزة كهربائية خربة وأدوات منزلية ولعب أطفال لم نعد فى حاجة إليها وسيارتنا القديمة ومخلفات متاجرنا ومكاتبنا ومصالحنا ومصانعنا . ومن أخطر المقالب مقابل النفايات المشعة وغيرها من النفايات الخطرة والتي قد يبقى أثرها الضار مئات أو آلاف السنين .

بعد الحرب العالمية الثانية تزايدت أعداد سكان الأرض الآميين زيادة كبيرة ، فبعد أن كانت أعدادهم 3000 مليون نسمة سنة 1950 صارت 3600 مليون 1970 وأصبحت حاليا حوالى 6000 مليون نسمة . وتقدر الزيادة السنوية حاليا حوالى 90 مليون شخص . تؤدى زيادة الكثافة السكانية إلى زيادة النشاط السكانى ، والتي إذا

أسبب إدارتها ينتج عنه تلف بيئي ونقص في مصادر الإنتاج ، وهذا يؤثر بالتالي على صحة الإنسان . صاحب تلك الزيادة السكانية تقدم تكنولوجيا كبير ، صحبه زيادة في النزاعات ... نزاعات حول الحدود ... نزاعات حول المياه ... نزاعات حول مصادر الثروة المعدنية ... حروب كثيرة بين الدول ... صراعات حول السلطة داخل الدولة الواحدة ... إقتلابات ... ثورات ... هجرات . يعتقد الكثير أن الانفجار السكاني هو السبب الرئيسي للنزاعات والأزمات الإجتماعية ، وأيضاً هو السبب الأساسي في التلوث البيئي .

أدخل الإنسان آلاف الملوثات إلى بيئة الأرض ، التي لم يكن لها وجود قبل قرن من الزمان. غيرت تلك الملوثات من بيئة الأرض الطبيعية مما صارت معه بيئة غير ملائمة لسكان الأرض من أحياء مختلفة. تلك الملوثات الكيمائية إكتشفها العلماء وساهم رجال الصناعة في تصنيعها وإنتاجها .

إن التلوث في علاقة الإنسان بالأرض والذي يعتمد على إستغلال أكثر ما يمكن من موارد الأرض وإضافة الكثير من المواد الجديدة المصنعة ومن عوادمها ، أصبح يعلن عن نفسه من خلال أزمات بيئية متعددة ... ظهور ثقب الأوزون في القطب الجنوبي ثم في القطب الشمالي ... إنقراض العديد من الأحياء ... تسخين جو الأرض وما يتوقع عنه من غرق للسواحل ... تساقط أمطار حامضية ... فقدان حوالي 82 فدان من الغابات كل دقيقة .

نحن نعيش عالماً واحداً في كوكب واحد صغير بمقياس الكون الفسيح إلا محدود ... نعيش في كوكب تلوث ويزداد تلوثاً عاماً بعد آخر . التلوث في وسط بيئي ينضج أثره على وسط بيئي آخر ... إذا ما تلوث الهواء فإن ما يحمله من ملوثات يتساقط طبيعياً بالجاذبية الأرضية أو تتساقط مع الأمطار ، فتتلوث بذلك التربة التي يسقط عليها أو الماء إذا سقطت الملوثات به ... وإذا تلوث الماء فإن

ملوثاته تنتقل بالشرب أو الاستحمام إلى الإنسان، ثم تعود تلك الملوثات إلى التربة عن طريق الفضلات أو بالموت، كما تنتقل ملوثات الماء مباشرة إلى التربة عن طريق الري، وقد تتطاير الملوثات فتلوث الجو... وإذا تلوثت التربة فإن أثر ذلك يظهر على ماء التربة الجوفية ومياه الصرف الزراعي، ومنها تنتقل إلى الأنهار والبحار. هكذا يبدأ الضرر من وسط بيني ثم يعم الضرر كافة الأوساط.

هل حدوث تلوث في قرية ما يعرض أماكن بعيدة لهذا التلوث؟

نعم، قد حدث ذلك.

كيف كان ذلك؟

وصلت ملوثات إلى القطب الشمالي بمبيدات لم يسبق إستخدامها هناك... إستخدمت تلك المبيدات في رش محاصيل بأرض منزوعة بعيدة... إنتقلت تلك المبيدات من الأرض التي تساقطت عليها أثناء رش المزروعات إلى مصارف الأراضي الزراعية المرشوشة... صبت المصارف محملة بالمبيدات في الأنهار... صبت الأنهار في البحار... تلوثت مياه البحر بتلك المبيدات... إمتصت النباتات ولطحالب البحرية تلك المبيدات... تغذت أسماك على تلك النباتات والطحالب فتلوثت الأسماك.. تغذت أسماك أخرى وحيوانات بحرية أخرى على الأسماك العشبية فتلوثت الأسماك ذات التغذية الحيوانية... تغذت طيور على الأسماك الملوثة... هكذا وصل التلوث من المياه خلال سلسلة من كائنات مختلفة يتغذى بعضها على بعض حتى وصلت إلى طيور القطب الشمالي فظهر التلوث هناك، بعيدا جدا عن مصدره.. حقا إنه لعالم صغير.

إنه لعالم صغير، ليس فقط على مستوى سطح الأرض وأحيائها، بل حتى في طبقات الجو العليا، فقد حمل الهواء ما صنعناه من ملوثات وما أضفناه إلى الهواء

الجوى من غازات ، فارتفعت تلك الغازات عشرات الكيلومترات وأضررت بمنطقة الأوزون العليا .

هكذا تسلم الإنسان الأرض نظيفة نقية فعمرها وخربها !! ... عموها بالسكان وبالعلم الدينى والدنيوى ، واكتشف كثيراً من نوااميس الطبيعة وأسرار الكون والحياة، وتقدم تكنولوجياً تقدماً كبيراً ... وخربها بنكاته ... بعلمه واكتشافاته واختراعاته ، فأخل بالتوازن البيئى ، وأصبحت الأرض ملوثة فى حاجة إلى تطهير... وفرة تحتاج إلى تنظيف ... ومزجة تتطلب الهدوء. ماذا ما صارت إليه الأرض وعليها نحن قاطنيها لن نعيد إليها طبيعتها الأولى التى تسلمها أجدادنا، بل نصلح ما أفسدنا وأن نتقى الأرض مما أضفنا من ملوثات وأن نحافظ على ما تبقى من أحياء ، ولن نعيد إلى عالمنا الصغير حيويته ونضارته وشبابه.

تلوث الهواء الجوي

تحاط الكرة الأرضية بغلاف جوى يتكون من عدة طبقات غازية تصل فى ارتفاعها إلى أكثر من أربعائة كيلومتر ، ويوزن هذا الغلاف الجوى حوالى ستة بلايين طن .

يتركب الغلاف الجوى من عدة طبقات (شكل 1) ، ترتيبها من أسفل إلى أعلى كالتالى :

1 - طبقة التروبوسفير Troposphere : يتراوح سمك هذه الطبقة من سبعة كيلومترات إلى ثمانية عشر كيلومترا، يقل السمك عند قطبي الكرة الأرضية ويزداد السمك عند خط الإستواء . هذه الطبقة هي أثقل طبقات الجو، فهي تكون حوالى 80 % من كتلة الغلاف الجوى ، وتتميز بأن درجة حرارتها تنخفض كلما ارتفعنا ، وذلك بمعدل 6.5 م لكل كيلومتر فى الارتفاع ، فى هذه الطبقة، تتكون السحب وتتساقط الأمطار والجليد وتتحرك الرياح وتحدث العواصف وتيارات الحمل الرأسية وذلك نتيجة لدورة بخار الماء .

2 - طبقة الستراتوسفير Stratosphere : تتحدد بداية هذه الطبقة بتوقف الإنخفاض الحرارى بالارتفاع ، فعند بدليتها تثبت درجة الحرارة حتى ارتفاع حوالى 30 كيلومتر ، بعدها تنعكس الحرارة فيحدث ارتفاع حرارى مع الصعود إلى أعلى وتصل إلى حوالى 100° م . تمتد طبقة الأستراتوسفير حتى ارتفاع 20 إلى 60 كيلومتر من سطح البحر . تحتوى هذه الطبقة على منطقة يحدث بها تركيز لغاز الأوزون (O₃) ، تعرف هذه المنطقة بمنطقة الأوزون وهى تقع على ارتفاع من 15 إلى 40 كيلومتر من سطح البحر . منطقة الأوزون ذات منفعة كبيرة للحياة على الأرض ، ذلك أنها تقى أحياء الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالصحة وهى الأشعة ذات للموجات 2000 إلى 3000 أنجستروم *

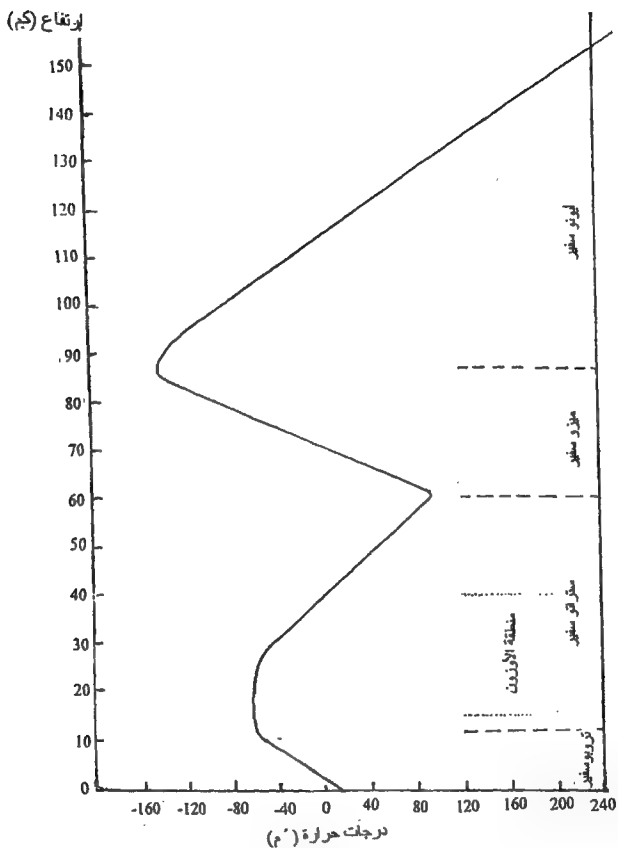
(*) الأنجستروم = جزء من عشرة بليون من المتر = 10^{-10} متر 3

3 - طبقة الميزوسفير Mesosphere : وتمتد حتى 85 كيلومتر فوق سطح البحر ،
ويعكس في هذه الطبقة الاتجاه الحرارى للمرة الثانية حيث تتناقص الحرارة بزيادة
الارتفاع حتى تصل الحرارة إلى حدها الأدنى فى أعلى هذه الطبقة ، وتكون
حوالى 138 - ° م . هذه الطبقة هامة أيضاً ، لأحياء الأرض إذ تقيهم من كثير من
الشهب والنيازك التى تتساقط على الأرض ، نتيجة للحرارة التى تتولد أثناء
إختراقها . ويميز هذه الطبقة ظهور ومضات مضبنة.

4 - طبقة الأيونوسفير Ionosphere : تمتد هذه الطبقة حتى ارتفاع يزيد عن
400 كيلومتر ، وتتكون من عدة شرائح من غازات متأينة ، وفيها يعكس الاتجاه
الحرارى للمرة الثالثة ، حيث تبدأ ثانية فى الارتفاع كلما إتجهنا إلى أعلى وتصل
إلى أكثر من 1000° م هذه الطبقة موصلة جيدة للكهرباء وتحتوى على جسيمات
مشحونة كهربياً وهي طبقة هامة بالنسبة للاتصالات اللاسلكية والموجات الإذاعية
حيث تقوم بصد الموجات المتوسطة والقصيرة وعكس إتجاهها ، أما الموجات
المتناهية القصير فتخترق الأيونوسفير وتتجه إلى الفضاء الخارجى ولهذا فتستخدم
تلك الموجات القصيرة جداً للاتصال بسفن الفضاء والأقمار الصناعية وفى
محاولات الاتصال بالعالم الخارجى.

5 - طبقة الترموسفير Thermosphere : وهى آخر طبقات الغلاف الجوى ،
وتمتد من نهاية طبقة الأيونوسفير حتى الفضاء الخارجى وتصل فى نهايتها إلى
حوالى 800 كيلومتر فوق سطح البحر ويظهر فيها تفاوت كبير بين درجات حرارة
الليل والنهار .

يعمل الغلاف الجوى بطبقاته المختلفة على حماية أحياء الأرض مما يتساقط
عليها من شهب ونيازك ومن كثير من الإشعاعات الضارة القادمة من الفراغ
الخارجى .



شكل 1 : طبقات الهواء الجوي والتغيرات الحرارية بها

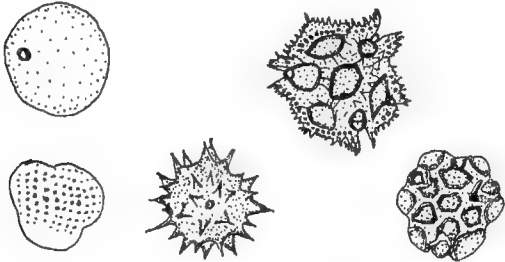
يتكون الهواء الجوى فى جزئه السفلى الذى يحيط بنا من الأكسوجين الضرورى لتنفسنا وتنفس أحياء الأرض ، وبنسبة ضئيلة لكنها هامة من غاز ثانى أكسيد الكربون الضرورى لنمو النباتات وتخزين طاقة الشمس وتحويلها من طاقة ضوئية حرارية إلى طاقة غذائية تستفيد منها كافة المخلوقات . يحتوى جو الأرض على غازات أخرى ، خاصة غاز النيتروجين المكون لحوالى 75 % من وزن الهواء . أحياء الأرض للمختلفة قد تأقلمت حياتها على التركيبية الطبيعية لمكونات الهواء ، يستثنى من ذلك قلة ضئيلة من كائنات دقيقة إستغنت عن الأكسوجين الحر لتنفسها ، فهى تعيش وتزدهر فى وسط خال من الهواء الجوى . أية تغييرات تحدث فى التركيبية الطبيعية للهواء الجوى سواء كان ذلك بالزيادة أو بالنقصان أو بالإضافة يجعل هذا الجو غير مريح للحياة ويدخل فى حكم ملوثاته *

تتضح أهمية الهواء الجوى واضرار ما يحتويه من ملوثات فى أنه يحيطنا بحاطة تامة ، وأنه أثناء قيامنا بالتنفس ، وهى عملية لا إرادية تبدأ عقب الولادة مباشرة وتستمر حتى الوفاة ، تستمر ليلاً ونهاراً ، فى اليقظة وأثناء النوم ، بمعدل 15-16 مرة فى الدقيقة ، يدخل الهواء إلى الرئتين بمعدل 11 ألف إلى 15 ألف لتر يومياً بالنسبة للشخص البالغ ! يدخل مع الهواء كل ما يحمله من شوائب ... بعض الشوائب تحجزها للشعور الأنفية ... البعض الآخر تحجزها الأغشية المخاطية للأنف والقصبية الهوائية ... ما يتبقى من ملوثات يصل إلى الرئتين وشعبتهما الهوائية . لا يقتصر التأثير الضار للملوثات عن طريق ما يصل إلى أجهزتنا للتنفسية خلال تنفسنا ، بل يمتد التأثير إلى ما يصل من ملوثات إلى جلودها المعرضة للهواء ، وتأثر أيضاً بما يتساقط من ملوثات الجو على أطعمتنا فتصلنا مع ما نتناوله من غذاء .

* تلوث الهواء كما جاء فى قانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 ، هو كل تغيير فى خصائص ومواصفات الهواء الطبيعى يترتب عليه خطر على صحة الإنسان والبيئة سواء كان هذا التلوث ناتجاً عن عوامل طبيعية أو نشاط إنسانى ، بما فى ذلك الضوضاء .

يتلوث الجو طبيعياً من الحرائق التي تحدث ، ومن حبوب لقاح أزهار النباتات .
تتسبب حبوب اللقاح في موسم الربيع في كثير من أمراض الحساسية، وذلك نتيجة
لتفتح الأزهار وانتشار حبوب اللقاح . كثير من أنواع تلك الحبوب ذات حواف
متدنة أو مسننة (شكل 2) وتحدث تهيجا للأغشية المخاطية المبطنة للأنف
والقصبه الهوائية والشعب الهوائية، كذلك فإنها قد تحدث تهيجا للعيون . يحدث تلوث
طبيعي أيضا ، بفعل الأعاصير والعواصف الترابية التي تهب وتزداد في بعض
فصول السنة ، وكذلك من البراكين التي تنثور مخرجه الحمم وكثير من الغازات
الملوثة للجو (شكل 49) .

إضافة إلى الملوثات الطبيعية التي لا دخل ولا إرادة لنا في حدوثها، فإن هناك
ملوثات أخرى تضاف إلى جو الأرض ، بفعل نشاطات الإنسان والتقدم التكنولوجي
الكبير الذي ساهم في تغيير أنماط الحياة ، ويبتعد بها عن الحياة الطبيعية إلى حياة
صناعية ، وتسبب في نفس الوقت في ظهور ملوثات عديدة لم يكن لها وجود خلال
حياة أجيال سابقة ... الزيادة المطردة في أعداد السكان مع زيادة التصنيع نتج عنهما
عديد من الملوثات، دخل الكثير منها في هوائنا الجوي .



شكل 2: أنواع مختلفة من حبوب لقاح أزهار

لحسن الحظ فإن الشمس تقوم عادة بتسخين الجزء من الهواء الجوى المجاور لسطح الأرض ، فيرتفع الهواء الساخن إلى أعلى حاملا معه الملوثات ويحل محله هواء بارد قادم من أعلى . حركة الهواء الرأسية المرتبطة بالحرارة ، مع حركة هبوب الرياح تعمل على توزيع الملوثات وتمنع وصول تركيزاتها إلى درجة خطيرة . تظهر خطورة التلوث بوضوح عند سكون الهواء وبرودة سطح الأرض ، عندئذ يظهر عادة الدخان الضبابي المعروف بالضبخن smog . خلال ضبخن لندن في ديسمبر سنة 1953 وصلت درجة التلوث في الجو إلى أكثر من 1000 ميكرون * في المتر المكعب وتسبب ذلك في زيادة معدل الوفيات وخاصة الناتجة عن أمراض القلب والشرابيين وأمراض التنفس ، فوصلت الوفيات أثناء حدوث الضبخن وفي الأسابيع القليلة التالية إلى حوالى 4000 حالة وفاة زيادة عن المعدل العادى للوفيات ، وكان معظم الزيادة بين كبار السن .

تعتبر عمليات حرق الوقود الحفري بغرض الحصول على الطاقة الحرارية لتشغيل المحركات فى الصناعة ولتسيير وسائل النقل الميكانيكية وفى الحصول على الطاقة الكهربائية وفى الإستخدامات المنزلية للطهى والتدفئة المصدر الرئيسى لتلوث الهواء الجوى . عند إحترق الوقود تتصاعد غازات أكاسيد الكربون والنتروجين والكبريت ، كما تتطلق بعض المعادن الثقيلة التى يحتوئها رماذ الوقود والتى تشمل الرصاص والكادميوم والنيكل والزرنيخ وكذلك عنصرى البريلليوم والسلينيوم . يعتبر الغاز الطبيعى أقل أنواع الوقود الحفري تلوثا للجو ، يليه فى ذلك البترول ، وأكثرهم تلوثا هو الفحم . إضافة إلى الانبعاثات السابقة الناتجة من حرق الوقود ، فإن آلات البزل الرديئة الصيانة والمستخدمة فى بعض وسائل النقل تتسبب فى إطلاق جسيمات صلبة دقيقة ذات آثار ضارة بالصحة كما أن إضافة مركب رابع إيثيل الرصاص إلى البنزين لتحسين إحتراقه زاد من تلوث الجو . ويرجع الضرر الشديد للتلوث الناتج من وسائل النقل إلى أنها تساعد على ظهور ملوثات أخرى كالأوزون الذى أصبح يمثل مشكلة صحية فى جو المدن .

* الميكرون micron ، وحدة قياس طولى تعادل جزء من ألف من المليمتر = 10^{-3} مم

فى السنين الأخيرة إزداد الطلب على وسائل النقل الميكانيكية ، لنقل الأهالى ومنتجات الصناعة وخاماتها والمنتجات الزراعية ومستلزمات إنتاجها وما يتخلف عن السكان والصناعات والتجارة من قمامة ومتطلبات البناء والتعمير ، ومع زيادة دخول الأفراد تزداد الحاجة إلى سيارات خاصة. وقد وجد أنه فى الثلاثين عاما من 1965 حتى 1995 إزدادت معدلات السيارات بمعدل 3 ٪ سنويا ، فوصلت أعداد ما يجرى فى شوارع العالم إلى 700 مليون سيارة سنة 1995 . وهذه الزيادة تفوق الزيادة السكانية ، فقد كانت أعداد السيارات 60 سيارة لكل 1000 شخص سنة 1965 وأصبحت أعدادها أكثر من 140 سيارة لكل 1000 شخص سنة 1995 (شكل 3) .

إتجهت كثير من الدول فى السنوات الأخيرة إلى إنتاج بنزين خالى من الرصاص ، وقد تعهدت الصين بأن تكون كافة مبيعاتها من البنزين سنة 2000 من النوع الخالى من الرصاص . وقد كان البنزين المستخدم فى إدارة السيارات حتى سنين قليلة ماضية يحتوى على الرصاص المضاف ، أما الآن فحوالى 25 ٪ من إنتاج البنزين على مستوى العالم يحتوى على الرصاص والباقي خالى من الرصاص . وفى دول أمريكا وأوربا وفى مصر توجد خطط للتوسع فى إنتاج البنزين الخالى من الرصاص ومع ذلك فإنه من المتوقع زيادة للتلوث الجوى مستقبلا فى مدن الدول النامية نتيجة للزيادة العددية الكبيرة فى السكان وفى أعداد السيارات وفى معدلات التصنيع .

من الملوثات الهامة للهواء الجسيمات العالقة والتي تشمل الغبار * والأبخنة ** والضباب *** إضافة إلى الروائح والغازات الملوثة . وقد زاد الإهتمام فى السنوات الأخيرة بالجسيمات الدقيقة العالقة وخاصة ذات الأقطار التى تقل عن عشرة ميكرونات ، وبصفة خاصة حبيبات الرصاص والنيكل والكاديوم والتي تنتج عن عوادم احتراق الديزل والتي تتغلغل عميقا فى الرئة . كما يتلوث الهواء الجوى بمركبات هيدروكربونية مثل البنزين والبيوتادين ومركبات طيارة عضوية أخرى ثانوية نتيجة تفاعلات كيميائية تحدث فى الجو مثل الأوزون الذى يتكون نتيجة تفاعل بين الأكاسيد النتروجينية والمركبات الهيدروكربونية فى وجود ضوء الشمس، هذا بالإضافة إلى الغازات الناتجة عن احتراق الوقود.

فى دراسات أجريت منه 1992 شملت 17 مدينة كبرى فى دول متقدمة وأخرى نامية ، وجد أنه فى الدول المتقدمة يزداد التلوث بالأوزون وبالأكاسيد النتروجينية ، بينما فى الدول النامية تزداد معدلات التلوث بالجسيمات الدقيقة العالقة وبغاز ثانى أكسيد الكبريت وكذلك بالأكاسيد النتروجينية والأوزون والمركبات الهيدروكربونية الناتجة عن عدم الإحتراق الكامل لبتترول السيارات نظرا لعدم كفاءة محركات السيارات لقدمها وموء صيانتها ولبطء حركة المرور لضيق الطرق وإزدحامها . وفى كثير من الدول النامية يتم التخلص من جزء كبير من قمامتها بالحريق ، الذى يزيد بالتالى من تلوث الهواء الجوى ، إذ يحتوى ناتج حريق القمامة على مركبات ومواد خطيرة مثل الديوكسان والفيوران والكوروبنزين والكوروفينول ومركبات ثنائى الفينيل عديد الكلور وعناصر ثقيلة منها الرصاص والزئبق والكاديوم والكروم والكوبالت وغيرها

-
- * الغبار ، المواد الصلبة العالقة والتي تزيد فى أقطارها عن ميكرون واحد .
 - ** الأبخنة ، المواد الصلبة العالقة والتي تقل فى أقطارها عن ميكرون واحد .
 - *** لضباب ، المواد السائلة العالقة فى الجو .

فى أحد الدراسات وجد أن النشاط الإنسانى ينتج عنه بطرق مباشرة أو بطرق غير مباشرة حوالى 30 ٪ مما يحمله الجو من جسيمات عالقة ذات أقطار تقل عن 9 ميكرون. مثل هذه المواد العالقة ليس من المتيسر سقوطها، إذ أنها تبقى عالقة بالجو لمدد طويلة ، وتقدر حمولة الجو منها فى أى وقت بما يعادل 40 مليون طن . تعمل هذه الجسيمات على إنعكاس الأشعة الشمسية، وبالتالي فإنها تعمل على برودة الجو. ينعكس الأثر الحرارى للجسيمات فى الأراضى المغطاة بالجليد عندما تعلوها مواد عالقة رمادية اللون ، حيث تمتص المواد العالقة فى هذه الحالة حرارة أشعة الشمس ولا تعكسها ، وبالتالي فإنها تعمل على تدفئة الجو، ويحدث نفس الشيء عند وجود الجسيمات العالقة فوق للسحاب الذى يعمل كخلفية بيضاء للأتربة العالقة فوق السحاب.



شكل 3: تراكم مرورى



شكل 4 : حرق القمامة في مناطق سكنية

قد يحدث تلوث للهواء الجوي نتيجة لأخطاء إنسانية كان يكون الخطأ في التصميم ، كما حدث في مصنع المبيدات بمدينة بوبال Bhopal بالهند سنة 1984 والذي نتج عنه تسرب مادة أيزوسيانات الميثيل methylisocyanate الشديد السمية ، أو كما حدث في تشيرنوبل Chernobyl بالإتحاد السوفيتي سابقا سنة 1986 عندما تسرب إشعاع خطير من محطة كهرباء تعمل بالطاقة الذرية ، وقد تؤدي بعض الأخطاء والتجاوزات إلى حوادث سيارات محملة بمواد خطيرة كالبنزين وأسطوانات الغاز الطبيعي وأسطوانات الكلور وغير ذلك . قد يحدث التلوث الجوي عن عمد ، ويحدث ذلك في حالات الحروب وطلقات الرصاص وتفجير القنابل

يتبعها دائما تصاعد غازات ضارة ، لكن حالات التلوث الجوى الواسع النطاق يحدث عند استخدام الغازات السامة أو القنابل النووية أوفى حالة الحروب الميكروبية ، نواتج كل ذلك تدمير شامل للبيئة ... ملوثات الجو متعددة لقتل الأعداء جنودا ومدنيين . وفى هذا المجال نذكر ما قامت به القوات العراقية قبيل الإنتهاء من حرب الخليج سنة 1991 وأثناء انسحابها من الكويت من تدمير وإشعال للنار فى منات من أبار البترول ومنشأتها بالكويت . وقد قدر ما أشعل بحوالى تسعة ملايين برميل من خام الزيت المخزن ونواتج التكرير والتي أشعلت فى الحال. إستمر الحريق بعد ذلك لحوالى ستة ملايين برميل زيت وحوالى مائة مليون متر مكعب غاز طبيعى يوميا فى المبدأ ، إلى أن تم الإطفاء كلية بعد حوالى عشرة أشهر . قدر الإنبعاث اليومى فى الجو خلال فترة الحريق من غاز ثانى أكسيد الكبريت بحوالى 6000 إلى 65000 طن ، ومن الأكاسيد النتروجينية بحوالى 500 إلى 3000 طن. وقد نتج عن هذا الحريق الهائل تكون دخان كثيف أسود اللون وفى بعض الأحيان عند إرتفاع رطوبة الجو يكون الدخان أبيضاً . يرتفع الدخان فى الجو إلى إرتفاع يقرب من ثلاثة كيلومترات وبقطر يصل إلى حوالى خمسة عشر كيلومتراً، مما تسبب فى إنخفاض مدى الرؤية كثيراً واختفت معه زرقة السماء . وعند هبوب الرياح كانت سحابة الدخان الكثيف تنقل إلى دول أخرى ، وقد وصل بعضها إلى جبال الهيمالايا حيث سقطت هناك مع سقوط الجليد .

عموما فإن ملوثات الهواء الجوى لا تثبت أن تتساقط بعد فترة على الماء أو التراب أو الغذاء فتصبح عندئذ من ملوثات الماء أو التراب أو الغذاء .

من المعروف منذ زمن بعيد ، أن الرئتين تعتبران هدفا هاما لعوامل البيئة المتغيرة ، حتى دون وجود ملوثات . الإنتقال الفجائى من جو دافئ إلى جو بارد يعرض الإنسان لأمراض الجهاز التنفسى ، خاصة إذا ما إجتمع القلب المنفلخ مع وجود ملوثات بالجو . وقد قدرت أعداد الوفيات الناتجة عن إلتهابات فى الجهاز

التنفسى الحادة والمزمنة والمتسببة عن تلوث الهواء الجوى بحوالى ثلاثة ملايين شخص على مستوى العالم سنوياً، منهم 2.8 مليون شخص يموتون نتيجة التلوث المنزلى وبخاصة فى الدول النامية . وقد وجد أن حالات الدخول لمستشفيات الأمراض الصدرية تزداد مع وجود ارتفاع فى معدلات الأوزون بالجو ، حيث تزداد الأزمات الربوية. كذلك فإن التعرض بكثافة لغاز ثانى أكسيد النتروجين يؤثر تأثيراً ضاراً حتى على الأصحاء ، ويزداد الأثر الضار له عند من لديهم متاعب فى الرئة. لما للتعرض لغاز ثانى أكسيد الكبريت فإنه يتسبب فى إحداث خلل بوظائف الرئة تظهر فى حدوث مقاومة لحركة الهواء أثناء التنفس يتضح فى ضيق تنفس وتصفير عند مرور الهواء .

تمثل أمراض الجهاز التنفسى ثلث الأمراض المهنية والتي تقدر بحوالى 50 مليون حالة على مستوى العالم. وتعتبر أمراض تغير الرئة pneumoconiosis من الأمراض السائدة فى المهن التى ينتج عنها غبار. من ذلك أمراض داء السليكا silicosis الناتج عن التعرض لبُحُورَات السليكا وداء الأسبستس asbestosis الناتج عن التعرض لألياف الأسبستس وتصل الإصابة بأى منها لحوالى 20 % إلى 30 % بين العاملين المعرضين لغبار أى منهما ، وهما من الأمراض الغير قابلة للشفاء ، وتعتبر بُحُورَات السليكا وألياف الأسبستس من المِسرطنات. كذلك فإن العاملين فى صناعة النسيج معرضون لمرض السحار القطنى byssinosis ، والعاملين فى الزراعة معرضون للإصابة بمرض الرئة السوداء black lung disease .

التعرض المستمر لمواد مهيجة كثيراً ما يتسبب فى أمراض حادة أو مزمنة للجهاز التنفسى ، من ذلك الكلور والفلورمالدهيد وأكاسيد نتروجينية وثانى أكسيد الكبريت ، وجميعها تحدث حالات من تفاعلات الحساسية والتى تشمل الربو والارتكاريا .

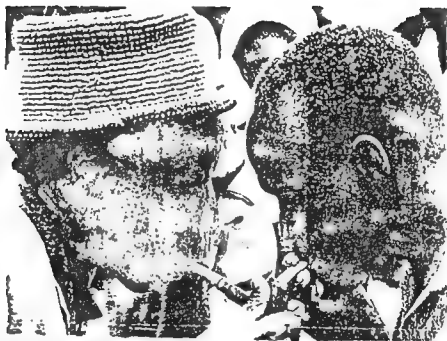
جدول (1) : بعض امراض الجهاز التنفسي المهنيّة
الناتجة عن تلوثات خاصة بهواء جهة العمل

ملوثات الهواء	المريض
ترايب الخشب - كروم - نيكل	Nasal cancer سرطان الأنف
أسبستس	Oropharyngeal cancer سرطان الحلقوم
أسبستس	Laryngeal cancer سرطان الحنجرة
أسبستس	Pleura cancer سرطان غشاء الرئة
أسبستس - نيكل - هزرنغ - يورانيوم	Parenchyma cancer سرطان برشيمي
كلامبيوم - كلور - أكاسيد نيتروجينية	Pneumonitis التهاب رئوي
أثرية	Chronic bronchitis التهاب شعبي مزمن
سليكا - أسبستس - بريالم - غبار القطن غبار الحبوب	Pneumoconiosis تغير الرئة (سحار)
كلامبيوم - كلور - أكاسيد نيتروجينية	Pulmory oedema استسقاء رئوي
أمونيا	Oedema استسقاء
أمونيا	Laryngeal spasm تشنج حلقى
كروم	Nasal perforation ثقب الأنف
أسبستس	Pleura fibrosis تليف غشاء الرئة
أسبستس	Pleura effusion انصباب غشاء الرئة
بروتينات حيوانية - أكاسيد نيتروجينية	Allergic alveotitis حساسية الحويصلات الرئوية
بروتينات حيوانية - ترايب خشب - ليزوسينات	Asthma ربو
فورمالدهيد - أمونيا	Upper airway irritation تهيج الجهاز التنفسي العلوي

التعرض لبعض المعادن فى الجو مثل النيكل والكاديوم والبريلم ومركبات الكروم قد تسبب عنها أمراض فى الجهاز التنفسى . وقد ثبت أن مئات الملايين من النساء فى الدول النامية معرضات لمستويات عليا من التلوث الهوائى أثناء الطهى على مواقد تشعل بالأحطاب ومخلفات الحيوان، خاصة عندما يتم ذلك فى الأماكن الداخلية الفقيرة التهوية . وتظهر الآثار الجانبية المرضية للتعرض للتلوث الهوائى واضحة عند الكبر فى السن .

التدخين يعتبر من أخطر ملوثات الجو ، فعادم للتدخين الذى يبيت فى الجو يحتوى على العديد من المركبات الكيميائية الضارة بصحة الإنسان والتى تظهر أضرارها بوضوح على المقيمين فى نفس المكان مع المدخنين، ويعتبر جميع هؤلاء الأشخاص من المدخنين سلبيا ، أما المدخن نفسه فقد جمع بين التدخين الإيجابى والتدخين السلبى فهو يدخن إيجابيا عندما يدفع دخان سيجارته بشدة لدخل جهازه التنفسى ويدخن سلبيا عندما يتنفس حيث تدخل ملوثات التدخين التى فى الجو المحيط إلى رنتيه مع هواء الشهيق . قدرت أعداد الملوثات الغازية والصلبة الناتجة عن التدخين فوجد أنها تزيد عن 4700 مكون ، الكثير منها يعتبر مواد مسرطنة مثل البنزوبيرينات والبنزانثرين والبعض يعتبر من السموم وتشمل الفورمالدهيد والبنزين والنيكوتين والنتروامينات ولؤل أكسيد الكربون والجسيمات الدقيقة من الهباب.

ترتبط أمراض القلب والشرابيين بالتدخين ، فالتدخين يعتبر أهم مسبب لوفيات أمراض القلب والشرابيين على مستوى العالم ، فحوالى 12% من تلك الوفيات فى الدول المتقدمة وحوالى 42 % فى الدول الاشتراكية سابقا بأوروبا ترجع إلى التدخين. تزداد الوفيات الناتجة عن التدخين عاما بعد آخر : ففى سنة 1955 كانت الوفيات الناتجة عن التدخين فى الدول المتقدمة 750 ألف شخص ، إزدادت إلى مليونى شخص سنة 1995 ، ومن المتوقع أن يصل هذا العدد إلى 10 مليون شخص



شكل 5 . التناخيل بداية سعيدة ونهاية حريفة

سنة 2030 على مستوى العالم ، منهم 7 مليون شخص فى الدول النامية. فى الدول النامية إزداد إستهلاك السجائر أكثر من 40 % خلال عشرين عاما ، كما إزداد أيضا فى المناطق النامية الأخرى من العالم . يتسبب التدخين فى إرتفاع مستوى كوليسترول الدم ويؤدى إلى حدوث توتر زائد ، كما أنه يزيد من الوفيات الناتجة عن امراض القلب المزمنة .

التعرض المستمر للتدخين السلبي يزيد من وفيات سرطان الرئة بنسبة 20 إلى 30 % ، إضافة إلى تلك الناتجة عن امراض القلب وامراض التنفس وتفاعلات الوظائف الرئوية فى الكبار والعدوى الحادة للجهاز التنفسي فى الصغار ، فمن المعروف أن أطفال الآباء المدخنين وخاصة فى السنة الأولى من أعمارهم يقاسون أكثر من غيرهم من الإلتهاب الرئوى والتهاب القصبات الهوائية والربو ، ذلك أن الأطفال الصغار يتنفسون أسرع من الكبار ، لذلك فهم أكثر عرضة من الكبار لكافة ملوثات الجو . يعتقد بعض العلماء أن تدخين غير المدخن مليئا يتسبب عنه أضرار خطيرة ، ذلك إن المدخن قد يتكيف بمرور الزمن مع أضرار التدخين ، أما المدخن السلبي فدفاعاته ضد التدخين تكون أضعف. وقد قدرت وفيات التدخين السلبي فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1995 بحوالى 37000 حالة .

الملوثات البيولوجية للهواء الجوى تشمل كثير من مسببات الأمراض التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات ، من فيروسات وبكتيريا وفطريات وبروتوزوا وغيرها التى تحمل على الهواء مباشرة أو على الغبار العالق فى الهواء. من ملوثات الهواء البيولوجية التى تصيب الإنسان البكتيريا الكروية المسببة لأمراض الإلتهاب الرئوى والإلتهاب السحائى وإلتهاب الأذن الوسطى والجيوب الأنفية ، كما تشمل البكتيريا العنقوية المسببة لأمراض السل والجمرة الخبيثة (ومن جراثيم الفطريات تلك المسببة لقشرة الرأس ، وتشمل الفيروسات مسببات الأنفلونزا وشلل

الأطفال والحمى القلاعية . تساعد الملوثات الكيميائية الموجودة بالجو على إضعاف مقاومة العوائل وجعلهم أكثر قابلية للإصابة بالميكروبات .

استخدمت الأشعة فوق البنفسجية وبعض المواد الكيميائية في تطهير الجو ضد ما به من ميكروبات ، وخاصة في تطهير جو حجرات العمليات الجراحية بالمستشفيات ، كما استخدمت في تطهير للهواء المار خلال أجهزة التكييف . ومن المواد الكيميائية المطهرة المستخدمة لتطهير الجو مركب ثالث إيثيل الجليكول triethylene glycol وفوق أكسيد الأيدروجين، حيث توضع المادة الكيميائية في مرشح من القطن أو القطن الزجاجي توضع في طريق مرور الهواء .

المياه العذبة وتلوثها

عندما يشخص رجال الفضاء بأبصارهم إلى الأرض ، من الفضاء الخارجى ، فإنهم يرونها كأنها كوكب من المياه الزرقاء ، ذلك الخداع البصرى يرجع إلى كون الماء يغطى ما يزيد عن 70% من سطح الأرض. حجم هذا الماء يقدر بحوالى 1360 مليون كيلومتر مكعب ، معظمه مالح وقليله عذب . القليل من الماء العذب والذي يقدر بحوالى تسعة ملايين كيلو متر مكعب هو المتاح إستخدامه لسكان اليابسة. يجرى هذا الماء أنهاراً أو يملأ بعض منخفضات الأرض بحيراتاً أو يفوص فى باطن الأرض مكوناً المياه الجوفية . هذا الماء العذب المحدود هو الماء الذى تعتمد عليها حياتنا الأرضية ، منه نرتوى ومنه نسقى حيواناتنا ومنه نروى زراعتنا.

(وجعلنا من الماء كل شيء حي) *

يمثل الماء العذب ضرورة من ضروريات الحياة ، حيث يحتاج الإنسان منه لشربه وغذائه إلى حوالى 2-3 لتر يومياً ، هذا بخلاف ما يحتاجه منه للنظافة والإستحمام وللزراعة ولتربية الحيوان ولتنظيف السيارات وخلافه ، بما يقدر معه الإحتياج اليومي الكلى للفرد بحوالى 1000 لتر .

كان الماء العذب ضرورة ملحة لقيام الحضارات القديمة ، ظهر ذلك على ضفاف النيل منذ أكثر من خمسة آلاف عام ، كما ظهر على ضفاف دجلة والفرات . وبوجه عام فإن ظهور مختلف الحضارات يرتبط بالإطار الجغرافى العام المتوافق مع إنتشار وتوزيع المياه العذبة فى العالم .

تأتي المياه العذبة من الأمطار التي تحمل معها في الفترة الأولى من سقوطها بعض ما في الجو من شوائب عالقة وبعض ما تذيبه من غازات بالجو ، إلا أنها بعد فترة قصيرة من غسيلها للجو ، تصبح المياه المتساقطة نقية تكاد تكون مقطرة ، إلا في حالات العواصف الرعدية حيث تحتوى مياه المطر على قليل من أكاسيد نيتروجينية تنتج عن اتحاد غازي الهواء للرئيسيين ؛ النيتروجين والأكسجين بفعل شرات البرق . بعد سقوط الأمطار بغزارة قد تجرى المياه سيولا ، وقد تتحول السيول إلى روافد ، وقد تتقابل الروافد وتصبح أنهارا ، تكون مياهها نقية في المبدأ ، إلا أنها أثناء سيرها تذيب بعض أملاح للتربة فتعطيها عذوبة ، كما تحمل معها طميا ينتج عن فتات التربة المنقولة . وعادة تنشأ على جوانب الأنهار تجمعات سكانية ، قرى أو مدن . كثيرا من سكان تلك القرى والمدن يستخدمون الأنهار مباشرة في الاستحمام وغسيل ملابسهم وتنظيف أدوات طعامهم وقد يقومون بإنزال خيولهم ومواشيهم في مياه النهر لتنظيفها مما يعلق بها (أشكال 6،7،8) وقد نصب فيها مياه للصرف الصحي لتلك المدن وكذلك صرفها للزراعى والصناعى ، إما مباشرة أو خلال رشح المياه ، محدثة تلوثا لمياه للنهر * ، ولهذا نلاحظ أن معدلات تلوث الأنهار تكون قليلة قرب المنبع وتزداد تدريجيا أثناء سيرها ناحية المصب .

يعتمد الإنسان كثيرا على المياه الجارية في تصريف مخلفاته ، وكان الماء قادرا على تنظيف نفسه مما يحمله من شوائب ، لكن مع الزيادة الكبيرة في أعداد الإنسان ، ومع التوسع في إقامة القناطر والسدود لحجز المياه ، وإقامة محطات توليد الكهرباء التي تعتمد على جريان الماء وغيرها من المشاريع كإدارة الطواحين ، كل ذلك قلل من حركة مياه الأنهار وأضعف بالتالى من قدرة الماء على التخلص من حمولته الزائدة من الملوثات .

* التلوث المائى ، كما جاء في قانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 ، هو إدخال أى مواد أو طاقة فى البيئة المائية بطريقة إرادية أو غير إرادية مباشرة أو غير مباشرة ينتج عنه ضرر بالموارد الحية أو يهدد صحة الإنسان أو يعوق الأنشطة المائية بما فى ذلك صيد الأسماك والأنشطة السياحية أو يفسد صلاحية مياه لبحر للإستعمال أو ينقص من التمتع بها أو يغير من خواصها .

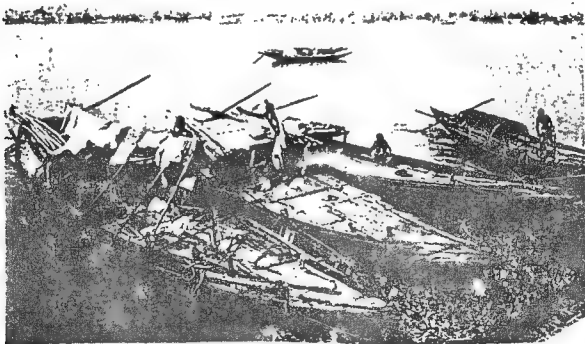
وكما تعتبر الزراعة أكبر مستهلك للمياه فإنها كذلك تعتبر أكبر ملوث للماء ، فالماء الذي يستخدم للرى ، يتسرب ما يفيض منه فى التربة ، فيتصل بالمياه الجوفية ، وقد يعود ثانية لمجرى الماء . هذا الماء أقل جودة من ماء الرى ، ذلك بما حمله معه من أملاح ومغذيات نباتية ومسببات أمراض حية ، إضافة إلى كونه أقل حمولة للأكسوجين الذائب وأكثر حرارة من ماء الرى . قلة الأكسوجين الذائب بهذا الماء تضر بالحياة المائية . ملوثات الصرف الزراعى تشمل فائض المواد السمادية



شكل 6 : غسيل الأواني على شاطئ البحر

والمبيدات . تشمل المواد السامة أصلاح النترات والتي يختزل بعضها إلى نترات، إضافة إلى المركبات الفوسفاتية ، وجميعها تمثل خطورة على الإنسان إذا وصلت مع ماء الشرب وإزالتها من الماء مكلفة . لهذا فإن الوقاية منها يجب أن تبدأ مع العمليات الزراعية ، ذلك بأن نعطي الأسمدة بالمقدّر المطلوب دون زيادة . بالنسبة للمبيدات فإن الماء الأرضي عرضة للتلوث به ، فمن المبيدات المتحركة في ماء التربة من الممكن أن نجد مركبات الكلور alachlor وأترازين atrazine وبنزازون bentazone وكربوفوران carbofuran ، وبعض تلك المبيدات ذات تأثير مسرطن . وحالياً نجد أن معظم المياه الجوفية القريبة من الأراضي الزراعية تحتوي على ما يزيد عن الحد الأقصى المسموح به من المبيدات .

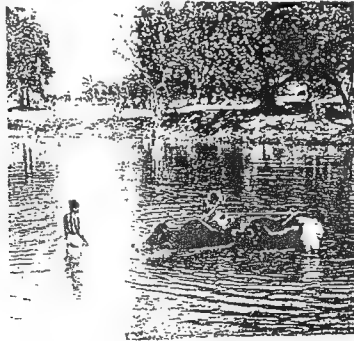
قيام الصناعات المختلفة بالقرب من مصادر المياه وصرفها لمخلفاتها في مجارى المياه أو قريباً منها تساهم بدور فعال في تلويث الماء تلويثاً كيميائياً ، وتختلف نوعية تلك الملوثات من صناعة إلى أخرى . بعض الملوثات الصناعية قد



شكل 7 : يعيشون في النهر ، يجففون ملابسهم بعد أن غسلوها

تسبب في زيادة حموضة الماء الأرضى ، وزيادة حموضة الماء تساعد على زيادة ذوبان أملاح التربة . وقد ظهرت مشاكل حموضة المياه السطحية في أوروبا وأمريكا الشمالية بوضوح ، فإن إنتقال مياه التربة الحامضية بما تحمله تلك المياه من أملاح يلوث مياه الأنهار ويزيد من حموضتها .

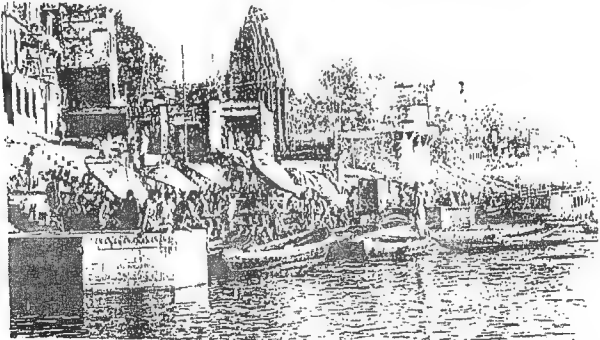
لا تزال مشكلة تلوث الماء الناتج عن الصرف الزراعى والصحى والصناعى تؤثر على الماء الجارى ، وبالتالي على مياه الشرب لدرجة أن مياه كثير من أنهار العالم أصبحت لا تصلح حتى للإستخدام الصناعى ، فمثلاً نجد أن حوالى 75% من مياه بولنדה ملوثة بالكيمياويات ومخلفات الصرف الصحى والزراعى لدرجة تعتبر معها هذه المياه غير صالحة للإستخدام . وعموماً فقد وجد أن حوالى 450 كيلو متر مكعب من مخلفات الصرف بأنواعه تدخل فى المجارى المائية ، على مستوى العالم، حيث تخفف بحوالى 6000 كيلو متر مكعب من الماء العذب . وقد وجد أن حوالى 90 % من مياه الصرف الصحى فى الدول النامية لا تعامل أية معاملة قبل



شكل 8 : حمام للمشاة والإنسان بمجرى النهر فى لن واحد

صرفها فى البيئة ، وأن أكثر من بليون شخص لا يستخدمون ماء آمن مناسب. هذا وقد تحسن الوضع عن ذى قبل فقد كان العدد الذى لا يحصل على ماء آمن يقدر بحوالى 1600 مليون شخص سنة 1990 ثم إنخفض فى سنة 1994 إلى 1100 مليون شخص ، ومعظم هؤلاء من سكان المناطق الريفية .

نصف سكان الدول النامية تقريباً يشكون من مشاكل صحية مرتبطة بالماء ، فالكانائنات الممرضة والملوثات المحمولة فى مياههم تقل سنوياً حوالى 10- 25 مليون شخص يمثلون فى المتوسط ثلث الوفيات الكلية لتلك الشعوب ، وأهم الأمراض المتعلقة بالماء والتي تنسب فى معظم الوفيات ، أمراض الملاريا والبلهارسيا والكوليرا والتيفود والدوسنتاريا. تصيب الملاريا ما يزيد عن 500 مليون شخص موزعين على أكثر من تسعين دولة ، وتزداد المشكلة تفاقمًا عاماً بعد آخر نظراً لتدهور الأراضي وإزالة كثير من الغابات والتوسع الزراعى .



شكل 9 : إحدى المدن الواقعة على نهر الجانج بالهند حيث تصب كثير من مهنها صرفها الصحي بها

بوجه عام نجد أن دول العالم النامي تعاني بشدة من تلوث المياه والذي يتسبب في زيادة معدلات الوفيات ، فقد قدر أن أكثر من 1700 مليون شخص ليس لديهم موارد كافية من مياه الشرب الآمنة وأن ما يزيد عن ثلاثة بليون شخص لا يتوافر لديهم وسائل الصرف الصحي المناسبة ، فمثلاً نجد أنه بالهند توجد 114 مدينة تفرغ الفضلات الآمية دون معالجة في نهر الجانج مباشرة (شكل 9) . وطبقاً لدراسة عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة فقد قدرت الوفيات الناتجة عن الأمراض التي تحملها المياه في الدول النامية ، بمتوسط 25 ألف شخص يومياً .

الدول النامية دول فقيرة وزراعية بدرجة كبيرة وتعاني من مشاكل التلوث المائي بالميكروبات والطفيليات ، في حين أن الدول المتقدمة دول غنية وصناعية بدرجة كبيرة ولكنها بالنسبة للمياه فهي في أغلب الأحوال تعاني من التلوث الكيميائي ، ومع ذلك فإن الدول المتقدمة لا تتجو من مشاكل التلوث الميكروبي الذي يصلها عادة مع الحركات السياحية للوافدة إليها ، حيث ظهرت حالات وبائية في عدة دول بأوروبا وأمريكا الشمالية ناتجة عن الإصابة بالبروتوزوا كريبتوسبورديوم *Cryptosporidium* . تهاجم هذه البروتوزوا الإنسان وبعض الحيوانات وتنتقل بالماء والغذاء وتوجد في الألبان والمقنق .

من الملوثات الحية للماء البكتريا الولوية فبريو كوليرا *Vibrio cholera* مسببة مرض الكوليرا ، وأنواع من بكتريا سالمونيلا *Salmonella* مسببة مرض التيفود ومرض البار تيفود ، وبكتريا شيجيلا *Shigella* مسببة الإسهال . ومن البروتوزوا إنتماميا هيسطوليتيكا *Entamoeba histolitica* مسببة للدوسنتاريا والطفيل المعوي جيارديا لامبيا *Giardia lamblia* سبب داء الجيارديات *giardiasis* الذي يتميز بحدوث إسهال مع تقلص في العضلات يصحبه قيء وغثيان وفقد شهية . ومن الديدان التي قد تنتقل إلى الإنسان عن طريق بيضها أو يرقاتها التي توجد في الماء دودة شستوسوما *Schistosoma* مسببة مرض البلهارسيا والتي تستكمل دورة حياتها على أنواع من القواقع التي تعيش في المياه العذبة لتصل إلى دور السركريا *cercariae* الذي يدخل جسم الإنسان خلال الجلد أو مع مياه الشرب (شكل 41) . البلهارسيا من أمراض المناطق الحارة وتصيب حوالي 200 مليون شخص على

مستوى العالم . ومن الديدان ديدان الإسكارس *Ascaris* التى تحدث عواها عن طريق البيض أو اليرقات التى قد توجد فى مياه الشرب أو على الأغذية المغسولة بمياه ملوثة .

ومن الفيروسات الملوثة للمياه العذبة مسببات أمراض الكبد الوبائي وشلل الأطفال . وقد لوحظ إزدياد حالات الإصابة بفيروسات الجهاز الهضمي خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء ؛ وقد قرر أحد علماء الفيروسات أن ما يزيد عن 80% من أطفال المناطق الحارة يحملون تلك الفيروسات ويعتبرون المصدر الرئيسي للتلوث بها . تستطيع فيروسات الجهاز الهضمي البقاء حية بالماء لمدة قد تصل إلى 70 يوم فى حالة مرض الكبد الوبائي ، وإلى أكثر من ذلك فى حالة فيروسات شلل الأطفال ، وتزداد المدد عن ذلك عند برودة الجو، وتقل حيوية هذه الفيروسات كثيراً إذا وصلت إلى مياه البحر .

كثير من ملوثات الماء تدخل إلى جسم الإنسان إما مباشرة عن طريق شرب الماء الملوث أو استخدام هذا الماء فى غسيل وتحضير الطعام ، أو تدخل الملوثات عن طريق التغذية على أحياء تعيش فى الماء الملوث أو تتغذى على أحياء مائية ملوثة .

جول 2 : النسب المسموح بها لبعض المبيدات
فى ماء الشرب

المبيد	المسموح به فى ماء الشرب ملجم / لتر	المسموح بتناوله يومياً ملجم / كجم وزن جسم
هكسا كلوروبنزين	0.00001	--
الدين - ديورين	0.00003	0.0001
هبتاكلور	0.0001	0.0005
DDT	0.001	0.005
لندين	0.003	0.01
ميثو كسيكلور	0.03	0.1
D - 2.4	0.1	0.3

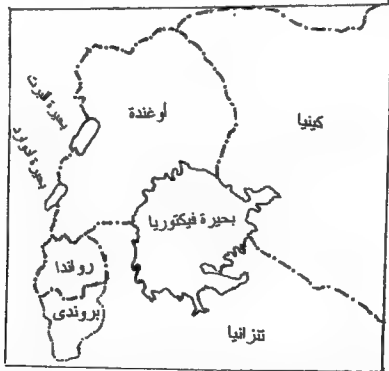
تدل التقارير على أن أكثر من 100,000 مركب صناعي تجد طريقها إلى البيئة المائية، وأنها تتجمع خلال سلسلة الغذاء، وأخطرها الملوثات العضوية الثابتة، وأكثر تلك الكيماويات خطورة أتى عشر مركبا معظمها من المبيدات، وجميعها ذات قابلية عالية للذوبان في الدهون ولذلك فهي تخزن في شحوم الكائنات الحية مؤثرة على الصحة ومقللة من فاعلية للمركبات الستيرويدية steroids كالهormونات، ومعظمها حافزة لأمراض السرطان وبعضها يسبب نقصا في الحيوانات المنوية للرجال تصل إلى 50%. وهذه المركبات الأشد خطورة هي، الديوكسينات dioxins والفيورانات furans والكلوردين chlordane والهيبتاكلور heptachlor وثنائي فينيل عديد الكلور Polychlorinated biphenyls (PCBs) والمبيد DDT وسداس كلوروبنزين hexachlorobenzene (HCB) والدرين aldrin وديالدرين dieldrin وأندرين endrine وتوكسافين toxaphene وميركس mirex.

وبوجه عام يمكن تقسيم المواد الضارة المحتمل وجودها في الماء إلى ما يأتي :-

- 1 - معادن وأملاحها وتشمل الزرنيخ والرصاص والكاديميوم والزنك والسليمنيم .
- 2 - منتجات هيدروكربونية ناتجة من حرق الوقود وعمليات تكرير البترول.
- 3 - كيماويات زراعية وتشمل الأسمدة المصنعة والمبيدات .
- 4 - كيماويات صناعية ، ويمكن تقسيمها إلى :
 - أ (لدائن مثل مركبات النايلون والتفلون والداكرون والأكريلك .
 - ب) مذيبات مثل البنزين الكلور chlorinated benzene .
 - ج) شموع ومنها البارافينات الكلورة chlorinated paraffins .
 - د (منوعات أخرى ومنها PCBs وتستخدم في المحولات الكهربائية.
- 5 - مواد مشعة وتنشأ عن المخلفات النووية والأسلحة النووية .
- 6 - متنوعات وتشمل الكلور والأمونيا.

تأثرت أحياء الماء فى كثير من الأنهار والبحيرات بالتلوثات الحادثة بها ونذكر من ذلك بعض الأمثلة :

1 - نهر الراين الذى يعتبر من أكبر أنهار أوروبا ويجرى من جبال الألب فى سويسرا بطول 1320 كيلو متر مارا بفرنسا وألمانيا وهولنده ثم يصب فى بحر الشمال . يمر النهر فى أكثر بلاد أوروبا إزدحاما بالسكان وأكثرها تصنيعا . الإنتاج الكيميائى منها يمثل 20% من الإنتاج العالمى . يمد هذا النهر حوالى 20 مليون شخص بمياه الشرب . حاليا يعتبر نهر الراين من أكثر أنهار أوروبا تلوثا حيث توجد عليه ثلاثة مناطق صناعية ؛ بازل السويسرية حيث الصناعات الكيميائية والأدوية ، والرور بألمانيا حيث الصناعات الثقيلة ، وعند مصب النهر فى هولنده حيث صناعة تكرير البترول والبتروكيماويات . لهذا كان الإهتمام الكبير بتقليل تلوث النهر ، ذلك أن التلوث الشديد للنهر قد تسبب فى إندثار ثمانية أنواع من الأسماك من مجموع أربع وأربعين نوعا ، ويعتقد أن خمسة وعشرين نوعا آخرين فى طريقهم للإندثار .



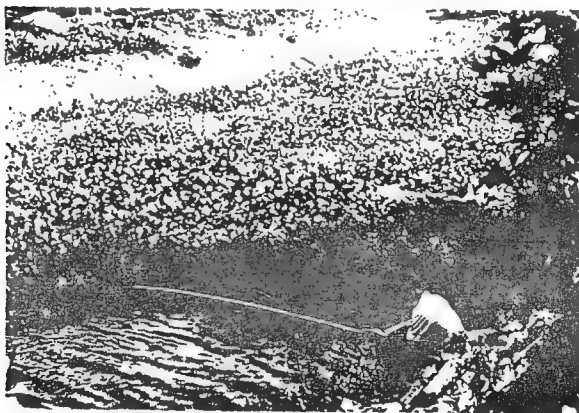
شكل 10: تلوث بحيرة فيكتوريا من الصرف الصحى والصناعى للدول المطلة على البحيرة ، كينيا وتنزانيا وأوغندا كما تلوثت من قتل الحرب الأهلية فى رواندا خلال نهر كاجيرا

2 - بحيرة فكتوريا ، أكبر البحيرات العذبة فى العالم (شكل 10) ، مساحتها 69490 كيلو متر مربع ، وأحد منابع نهر النيل ، حدث لها تلوث بيولوجى بإدخال أنواع أسماك مفترسة غريبة عنها فى الخمسينيات من القرن الحالى ، ومن هذه الأسماك الدخيلة سمك البرش النيلى Nile perch ، وقد أدى ذلك إلى إندثار أكثر من 55% من الأسماك المتوطنة ، وفى عام 1976 كان صيد الأنواع الدخيلة يمثل 0.5% من الصيد التجارى ، ثم وصل إلى 68% سنة 1983 . باقى أنواع الأسماك المتوطنة فى طريقها للانقراض.

جدول 3 : النسب المسموح بها لبعض المواد غير العضوية
فى مياه الشرب

النسبة ملجم / لتر	المادة	النسبة ملجم / لتر	المادة
5.0	زنك	0.001	زئبق
150.0	مغنسيوم	0.005	كاديوم
200.0	كالسيوم	0.01	سليينيم
200.0	صوديوم	0.05	رصاص
0.05	سيفيد	0.05	زرنيخ
1.0	نترت (N)	0.05	كروم
1.5	فلوريد	0.1	منجنيز
10.0	نترات (N)	0.2	الومنيوم
250.0	كلوريد (Cl)	0.3	حديد
400.0	كبريتات (So ₄)	1.0	نحاس
		1000	مجموع المواد الصلبة الذائبة

التلوث البيولوجى الثانى لبحيرة فيكتوريا كان نباتيا ، فقد دخل إليها نبات ورد النيل water hyacinth والذي شوهد لأول مرة بالبحيرة سنة 1989 . إنتشر ورد النيل سريعا لعدم وجود أعداء طبيعية له ، فالنبات الواحد يمكنه بالتكاثر السريع أن يغطى مساحة مائة متر مربع خلال أشهر قليلة ، ويكون أثناء ذلك وسطا ملائما لتربية ناقلات بعض الأمراض كقواقع البلهارسيا ، ويساعد على إنتشار بعوض الملاريا . إنتقل ورد النيل بعد ذلك إلى نهر النيل وفروعه وسد قنوات الري وسحب أكسوجين الماء فأضر بالحياة النهرية . تلوثت البحيرة أيضا بالصرف الصحى والصناعى من بعض مدن كينيا وتنزانيا وأوغندا ، وكذلك من الصرف الزراعى . وزاد الطين بلة ما حدث فى رواندا من قتل جماعى رهيب ، كان من ضحاياه 40,000 ضحية القيت وطفئت جثثهم على الماء فى نهر كلجيرأ خلال مايو 1994 .



شكل 11 : إنتشار نبات ورد النيل من بحيرة فيكتوريا إلى نهر النيل

3 - وصل التلوث فى بعض الأنهار بالبترول إلى درجة أصبحت معها تلك الأنهار قابلة للإستعمال ، ففى يولية سنة 1989 كان أحد عمال الزراعة بأوكرانيا يجمع فطر عيش الغراب بجوار نهر نورين ، ولقى بعقب سيجارة لازلت مشتعلة فى مياه النهر . . . سمع صوت فرقة شديدة . . . إشتعلت النيران فوق سطح النهر . . . إستمرت النيران مشتعلة لمدة خمس ساعات ، فقد كان سطح النهر مغطى بطبقة رقيقة من البترول .

٨ تنقية مياه الشرب

عند إستخدام مياه الأنهار كمصدر لمياه الشرب يجب العمل على إزالة جميع الشوائب العالقة والطافية بالماء ، ثم تطهيرها من الملوثات الممرضة للإنسان ويتم ذلك على مراحل كما يأتى :

1- الترويق : والغرض من هذه العملية تسهيل ترسيب المواد العالقة ، وذلك بإضافة مواد تعمل على تجميع المواد الصلبة العالقة حتى يسفل رسوها . تتسبب المواد الصلبة العالقة فى تعتيم لون الماء ، كما أنها تقوم بحماية البكتيريا والفيروسات لإدماصاصها على سطوحها ، لهذا فإن عملية الترويق تؤدي إلى إزالة عتامة الماء والتخلص من كثير من الميكروبات .

من المروقات المستخدمة كبريتات الألومنيوم $[Al_2(SO_4)_3]$ بمعدل 15-25 ملليجرام/لتر. كذلك يمكن إستخدام كلوريد الحديد وكبريتات الحديد فى الترويق .

2- الترشيح : ويتم ذلك بتمرير الماء المروق خلال حبيبات الرمل ، وأحيانا خلال حبيبات فحم فى طبقة من المرشح سمكها حوالى 20 سنتيمتر ، حيث تحجز المواد الصلبة العالقة وكذلك الشوائب الطافية ، وعادة ما تجمع أثناء الترشيح طبقة غشائية بيولوجية تساعد فى حجز الجزيئات المتناهية الصغر . ويمتاز الفحم كمرشح عن الرمل بقدرته على إزالة الطعم والرائحة من الماء . تساعد عمليتى الترويق والترشيح على إزالة معظم ما فى الماء من ملوثات بكتيرية وفيروسية .

وقد ثبت أن إزالة عسر الماء باستخدام الجير المطفئ $[Ca(OH)_2]$ بتركيز 200-500 ملليجرام / لتر أزال من الماء حوالي 80% من فيروسات شلل الأطفال.

3- التطهير : والغرض منه إزالة ما تبقى من ميكروبات ، يستخدم في ذلك الكلور على نطاق واسع . تعتمد كفاءة الكلور على النسبة المستخدمة وعلى مدة بقائها في الماء . الكلور له تأثير قوى قاتل على البكتيريا وعلى بعض الفيروسات ، ويعتبر فيروس الإلتهاب الكبدى الوبائى ذو مقاومة شديدة للكلور ، وقد ثبت أن الكلور يؤثر على الغلاف البروتينى المغلف للفيروس وليس على الحمض النووى به .

يعتقد الكثير بأن معاملة المياه بالكلور فى حالة وجود مواد عضوية به ، تؤدي إلى تكوين مركبات عضوية مكلورة ، وفى حالة وجود فينول بالمياه فإنه يتحول فى وجود الكلور إلى أرثوكلوروفينول الذى يعطى للمياه طعما ورائحة غير مقبولتين ، وقد تكون تلك المواد العضوية المكلورة ذات تأثيرات مسرطنة على الأشخاص الذين يشربون هذه المياه ، لكنه قد وجد أن أخطار الأمراض والموت المتسبب عن ميكروبات عند استخدام مياه غير معاملة تزيد كثيرا عن احتمالات الإصابات السرطانية بمقدار 100 إلى 1000 مرة أو تزيد .

يستخدم الأوزون أيضا ، والذي يتميز بأنه إضافة إلى تأثيره التطهيرى القوى فإنه يساعد على التخلص من الروائح غير المقبولة ، كما أنه مؤكسد قوى ، وفى حالة وجود عناصر ثقيلة ذائبة فإنه يساعد على ترسيبها بتحويلها إلى أكاسيد غير قابلة للذوبان مثل أكاسيد الرصاص والحديد والمنجنيز . كذلك فإن الأوزون يؤكسد المواد العضوية ويحولها إلى مركبات غير ضارة ، من ذلك أكسدته للفينول وإزالته لرائحة وطعم الفينول غير المستساغ . وتأثير الأوزون أقوى من تأثير الكلور على الفيروسات ، على أن يبقى فى الماء لمدة أربعة دقائق بمعدل 0.2 إلى 0.4 ملليجرام/لتر ، لكن يعيبه أنه لا يبقى فى شبكة التوزيع . يفضل الأوزون على الكلور فى حالة وجود نشادر ، ذلك أن تأثير الكلور التطهيرى يضعف فى حالة إحتواء الماء على نشادر .

تلوث مياه البحار والمحيطات

من الأوضاع العجيبة أن البحار والمحيطات التي بدأت فيها الحياة الأولى منذ بلايين السنين ، وإستمرت الحياة قاصرة عليها لمدة تصل إلى 90% من تاريخ الحياة على الكرة الأرضية ، أصبحت الحياة فيها مهددة الآن ، نتيجة لنشاط أحد سكان الكوكب الأرضي الذي يعيش في اليابسة ؛ الإنسان الذي تكاثرت أعداده تكاثرا سريعا ، خاصة في القرن العشرين ، أصبح هو المهدد للحياة البحرية ... زيادته الرهيبة وإستهلاكه المتصاعد وتوسعه الزراعي والصناعي والعمراني وخاصة في الأراضي الساحلية ، أدى إلى حدوث درجات من التدمير البيئي والتلوث الساحلي .

تبين من بعض الدراسات أن أكثر من نصف سكان العالم يعيشون في القارات في حدود 100 كيلومتر من السواحل ، كما تبين أن معدلات الزيادة السكانية في المدن الساحلية تزيد عن معدلات الزيادة العالمية ، وأن أكثر المدن الجديدة تنشأ قريبا من السواحل . كذلك فقد وجد أن تسعة مدن من أكبر عشرة مدن في العالم هي مدن ساحلية ، وأن المدن الساحلية تزداد في الخلقان وعند مصبات الأنهار ، إذ أن تلك المناطق تتناسب مع إقامة الموانئ ورسو السفن .

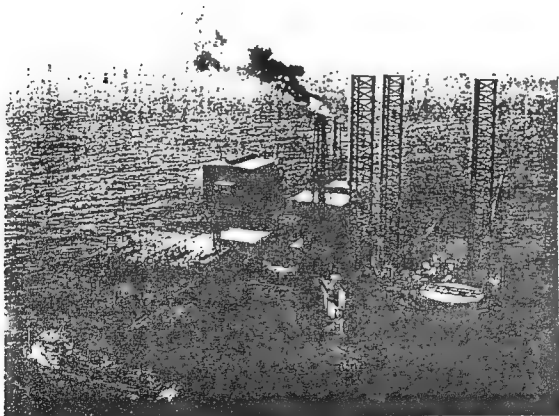
يبدأ معظم التلوث في مياه البحار والمحيطات من مياه الأنهار التي تصب فيها ، والتي عادة ما تكون محملة بنواتج الصرف الصحي والصناعي والزراعي للمدن والقرى التي تمر عليها ، وكذلك من الصرف المباشر للتجمعات السكانية والصناعية على البحار والمحيطات . وقد قدر أن مخلفات الصرف الصحي التي تنتج عن مجتمع سكاني به مليون شخص يزيد عن 250 ألف متر مكعب يوميا ، وأن اللتر الواحد من هذه المياه تحتوى على 2 إلى 3 بليون ميكروب ، ولك أن تتصور مدى التلوث الميكروبي الحادث ، ومدى تأثير ما يتلك المياه من ميكروبات مرضية على القاطنين بالسواحل والمصطافين ، خاصة أن كثيرا من الميكروبات المرضية تلوث بعض

الكائنات البحرية التى قد تؤكل نينة كـ بعض الأصداف والمحارات البحرية . نتيجة لهذا التلوث الميكروبي تتضح مدى الخطورة فى إنتقال ميكروبات الكوليرا والتيفود ومسببات الإسهال إلى الإنسان من المياه الساحلية لحوض البحر الأبيض المتوسط ، والذي يقطن سواحله حوالى 100 مليون شخص/ أى أن صـرفهم الصحى يقدر بأكثر من 25 مليون متر مكعب يوميا ، والذي يصرف معظمه فى البحر ، وأن 33% من هذه المياه غير معاملة بتاتا . فمن المعروف أن حوالى 120 مدينة مطلة على سواحل البحر الأبيض المتوسط تصب مياه صرفها للصـحى دون معالجة أو بمعالجة مبدئية فقط فى مياه البحر . تجذب شواطئ البحر الأبيض المتوسط سنويا من 100 مليون إلى 150 مليون سائح ، أى بما يعادل 35% من مجمل السياحة العالمية . لا تقتصر أضرار التلوث بالبحر الأبيض المتوسط ، وهو بحر شبه مغلق ، عن طريق النشاط الإنسانى بالأراضى الساحلية على الصرف للصـحى ، بل يتعداه إلى الصرف الصناعى الناتج عن نشاط حوالى 150 ألف منشأة تصب مياهها فى البحر ، وتقدر مياه الصرف الصناعى التى تصب بالبحر بما يزيد عن مليون طن يوميا .

لو أردنا أن نرى حرب على البحار والمحيطات لإحداث أكبر تدمير حيوى لها ، لوجهانا جل إهتماماتنا التكميرية ، وما نملكه من أسلحة دمار شامل إلى الشواطئ الساحلية حيث يحدث أكبر نشاط بيولوجى مكثف ، سواء فى الأراضى القريبة من الشاطئ أو فى المياه الساحلية . هذا ما يعمل الإنسان ... ليس عمداً بالطبع ، ولكن إزدحامه وتجمهره قرب السواحل ، حيث تتدفق إلى الشواطئ مخلفات المدن والصناعات والزراعات ... وحيث تتجمع السحب وتحمل بنفايات غازية وجسيمات دقيقة نتجت عن نشاطات الإنسان ... وحيث تصب الأمطار ومعها حمولاتها من الملوثات الناتجة عن غسيل الهواء .

وفى الماء ، قريبا من السواحل ، تأتي حاملات البترول متجهة إلى مراكز تحميل البترول وبخزاناتها حمولة توازن من ماء ملوث ببقايا بترول ، فتفرغ

حمولتها من ماء التوازن ، قبيل وصولها إلى ميناء التحميل ، في ماء البحر إستعداداً لملى خزاناتها بحمولة جديدة من البترول . وتقدر كمية ما يحتويه ماء التوازن من البترول بحوالى 1 إلى 1.5 % من حمولتها السابقة بالبترول . إضافة إلى التلوث البترولى الناتج عن تفريغ ماء التوازن فإن هناك تلوث آخر ناتج عن حفارات البترول وما يتسرب منها ، والتي يكثر إقامتها فى المياه قريباً من السواحل (شكل 12) وكذلك التلوثات البحرية الناتجة عن حوادث ناقلات البترول ، والتسرب الطبيعى من وقود وزيوت البواخر وعوادم تشغيلها . وقد قدر ما يصل إلى المياه البحرية من مواد بترولية بما يتراوح ما بين 1 إلى 10 مليون طن سنوياً، وأن حوالى ثلث هذه الكمية تلوث حوض البحر الأبيض المتوسط .



شكل 12 : حفار بترول مائى

١ / مما سبق يتضح لنا مدى التلوث الحادث نتيجة للنشاط الإنسانى على السواحل البحرية ، ونتيجة لما ترسله الأنهار إلى البحار من حمولتها من مياه الصرف الصحى والصناعى والزراعى ، وما ينتج عن الإستخدام المباشر لمياه السواحل فى الإستحمام والنظافة والغسيل والبقاء الفضلات . وزيادة عما سبق فإن التدمير الذى يحدث للبحار نتيجة ما تقعله بعض المدن من توسع فى مساحة أراضيها ناحية البحر بالردم . كل هذه التصرفات التى تحدث قرب السواحل البحرية تهدد بيئة البحار .

يحق لنا أن نتساءل . لماذا تكمن الخطورة على البحار والمحيطات من تصرفات الإنسان قرب الشواطئ ؟

بادئ ذي بدء ، نذكر أن المحيطات تمثل حوالى 71% من مساحة سطح الكرة الأرضية وأنها تحمل حوالى 97% من ماء الكوكب وحوالى عشرة آلاف ضعف حجم الماء العذب فى الأنهار والبحيرات. يقدر حجم ماء البحار والمحيطات بحوالى 1320 مليون كيلومتر مكعب ، وأن أحياء البحار تقطن حوالى 90% من المساحة المسكونة بالكرة الأرضية . يتراحم سكان البحار والمحيطات ، من حيوانات ونباتات ، قريبا من الشواطئ ، فى المساحات غير العميقة المحيطة بالقارات ، والمعروفة بالأرصعة القارية. تختلف مسافات إمتداد الرصيف القارى من موقع إلى آخر ، لكنه يمتد فى المتوسط حوالى 70 كيلومترا من السواحل ، وتمثل مساحتها حوالى 10% من مساحة المحيطات . من مياه الأرصعة القارية نحصل على حوالى 20% من إنتاج المحيطات وبخاصة من الأسماك ، التى تمون سكان الأرض بأعلى معدل من البروتين ، حيث يمثل الصيد البحرى حوالى 16% من الإستهلاك العالمى من البروتين ، فمعظم سكان السواحل والجزر يعتمدون على الأسماك كمصدر أساسى للبروتين ، ففى آسيا وحدها تقدر أعداد من يعتمدون فى تغذيتهم على الأسماك كمصدر للبروتين يزيد عن بليون شخص .

سؤال آخر .

هل الحرب الموجهة إلى السواحل بأفعالنا والضارة بنا ، لا تتعدى آثارها للمناطق الساحلية ؟

كلا وألف مرة كلا ، فما نوجهه من سموم إلى السواحل البحرية ينتقل منها إلى أعالي البحار فى أواسط المحيطات ، كما تنتقل تلك السموم إلى قطبى الكرة الأرضية ؛ الشمالى الجنوبى ، حيث يكاد ينعدم للتواجد السكانى ، كما تنتقل السموم أيضا من الأسطح إلى الأعماق . التيارات المائية تقلب المياه من أسفل إلى أعلى ، ومن أعلى إلى أسفل ، كما أن هناك تيارات موسمية تحرك المياه فى اتجاهات مختلفة فتنتقل معها الملوثات التى يبعثها الإنسان إلى مختلف الاتجاهات .

لا تقتصر مهمة توزيع الملوثات فى مياه البحار والمحيطات على التيارات المائية، بل إن أحياء البحار تقوم بالتوزيع بكفاءة أفضل ، بسرعة أكبر ، فالطحالب وأحياء الماء الأخرى تأخذ الملوثات مباشرة مع ما تتناوله من ماء البحر ، وكثيرا ما تحتفظ بالملوث وتخلص من الزيادة المائية فيزداد تركيز الملوث بها عن تركيزه فى الوسط المائى الذى تعيش فيه . فإذا تغذيت كائنات حيوانية بحرية عشبية التغذية على الطحالب الملوثة إزدادت نسبة الملوث بأجسامها عن نسبته فى الطحالب . وإذا تغذت كائنات حيوانية بحرية حيوانية التغذية على حيوانات بحرية ملوثة إنتقل الملوث إليها وإزدادت تركيزه بها ، فإذا تغذت طيور بحرية على الأحياء البحرية إنتقلت إليها المواد الملوثة وإزدادت تركيزاتها بها . وتتحركات الطيور والحيوانات البحرية وخاصة الأنواع المهاجرة منها تنتقل الملوثات فى طول البحار وعرضها ومن أسطحها إلى أعماقها .

تلوث البحار والمحيطات ليس قاصرا على المناطق الساحلية ، بل يمتد أيضا إلى أعالي البحار ، حيث الحركة الكثيفة للسفن المدنية والحربية ، الصغيرة والكبيرة والعلاقة ، خاصة حاملات البترول وما ينتج عن تحركاتها من عوادم وقود تشغيلها

ومن زيوت محركاتها التي تلتقى في تلك المياه ، إضافة إلى مخلفات بحاراتها وركابها من فضلات طعام وفضلات إخراج . في السنين الأخيرة إزدادت حركة البواخر مع إزدياد التجارة العالمية ، و مستزداد أكثر بعد تحرير التجارة العالمية .

من أخطر الملوثات البحرية ، المنتجات البترولية ، وخاصة في المناطق التي تصب فيها مياه التوازن السابق للحديث عنها ، وما يصل إلى المياه عن طريق حوادث البواخر الحاملة للبترول ، حيث تلتقى باطنان من حمولتها في الماء تاركة بقع زيتية كبيرة تضر بأحياء الماء ضررا بايغا وتلوث الشواطئ التي كانت أماكن إستجمام فأصبحت من كثرة ما برمالها من قطران مصدر إزعاج للمتريدين عليها ، فعليهم بعد إستحمامهم في الماء أن ينظفوا أنفسهم مما علق بأجسامهم من قطران ، وغالبا ما يستخدمون ملوثا بتروليا آخر لإذابة القطران وإزالته ، وقد يكون الكيروسين أو البنزين مع ما لهما من أضرار صحية .

ومن أخطر حوادث التلوث البحري بالبترول ما حدث في الخليج العربي في أوائل عام 1991 أثناء حرب الخليج من صب متعمد في مياه الخليج قدرت كميته بحوالي 250 مليون جالون بترول ، وقد نتج عن ذلك تكون بقعة زيت عرضها حوالي خمسة كيلومترات وطولها حوالي ثلاثين كيلومترا ، مؤثرة تأثيرا ضارا على الحياة البحرية وعلى الطيور التي تعيش على الأحياء البحرية ، وتسببت ، حسب أحد التقديرات ، في موت حوالي مليونين من الطيور .

ولا ننسى أن دول الخليج العربي تعتمد اعتمادا رئيسيا في الحصول على ماء عذب عن طريق إزالة ملوحة ماء البحر . وقد أثر تلوث مياه الخليج بالبترول في حرب الخليج على كفاءة عمليات إزالة الملوحة وعلى مواصفات الماء العذب الناتج . وقد سبق هذا التلوث البترولي بثمان سنوات في عام 1983 ، حدوث تنفخ سابق للبترول في الخليج وكان هذا التنفخ الملوث لمياه الخليج من البترول الإيراني بمسبب

عمليات عسكرية تمت في الحرب العراقية الإيرانية نتج عنها تدفق حوالى نصف مليون برميل * بترول ، اى حوالى 79500 طن خلال مدة الثلاثة أشهر الأولى من بدء التدفق ، وإستمر التدفق ولكن بدرجة أقل لمدة ستة أشهر أخرى .

• تؤثر طبقة الزيت الطافية على الحياة البحرية نتيجة لتكوينها لطبقة عازلة فوق سطح الماء ، تمنع وصول أكسوجين الهواء الجوى إلى الماء ، فتضر بذلك الأحياء البحرية التى تحتاج إلى الأكسوجين لتنفسها . كذلك فإن طبقة الزيت تتأكسد بفعل أشعة الشمس وبعض الكائنات الدقيقة مستفيدة فى ذلك بالأكسوجين الذائب فى الماء ، فيزداد النقص فى أكسوجين الماء . أيضا فإن الزيت الطافي يحجب أشعة الشمس الضرورية لنمو العوالقات النباتية ولتثبيتها لغاز ثانى أكسيد الكربون وتكوينها للمواد الكربوهيدراتية ، والتي تعتبر الخطوة الأولى فى السلم الغذائى للأحياء البحرية . إضافة إلى ما سبق فإن الزيت الطافي يلوث الكائنات البحرية وأجنحة الطيور ويعوقها عن الحركة .

بعد فترة من طفو الزيت على أسطح الماء ، تتطاير بعض مكوناته ملوثة الهواء ، فترداد كثافة باقى مكونات الزيت ، فتساقط نحو القاع ، ويلتصق بعضه بخياشيم وأجسام الأسماك وغيرها من الأحياء البحرية مما يضر بنشاطاتها الفسيولوجية . كذلك فإن بعض المكونات البترولية تذوب فى مياه البحر ثم تتجمع فى أجسام الأحياء البحرية ، وبعض تلك المكونات البترولية من المسببات الضارة بصحة الإنسان عند التغذية على الأحياء البحرية الملوثة بتلك المنتجات أو عند شرب المياه المحملة بها بعد إزالة ملوحتها .

تستخدم حاليا للتخلص من البقع الزيتية مواد مستحلبة ، ترش على بقع زيت البترول فتعمل على تقطيت البقع وتأثرها وإذابة بعضها ، فتتلاشى بفعل الأمواج والرياح ، وقد إتضح أن لتلك المستحلبات تأثيرات سامة على الأحياء البحرية ، وقد تزيد أضرارها عن ضرر البقع الزيتية .

* البرميل = 42 جالون أمريكى = 159 لتر .

تعتبر مياه البحر الأبيض المتوسط من أكثر المياه المالحة تلوثا ، ذلك أن هذا البحر يعتبر حوضا مائيا ، يكاد يكون مغلقا ، حيث يتصل في جانبه الشرقى الجنوبى عن طريق قناة السويس ببحر آخر أكثر إغلاقا هو البحر الأحمر ، كما يتصل من جانبه الغربى بالمحيط الأطلسى عن طريق مضيق جبل طارق ، وقد وجد أنه يحتاج إلى حوالى 80 سنة لتجديد مياهه. إضافة إلى ما سبق الحديث عنه من كثرة ما به من مدن ومنشآت صناعية وكثافة سكانية ، فإن هذا البحر تمر به معظم حاملات البترول الآتية من دول الخليج النفطية ومحملة بخمس نפט العالم .

• التلوث البحرى قد يكون أجيلا وفتاكا ، ضرره لا يظهر فى الحال ، بل بعد مرور عشرات أو مئات ، وقد يصل إلى آلاف السنين ، إذا ما اعتبرت أعماق المحيطات مقلبا تلقى فيه النفايات المشعة المختلفة عن إستخدامات الطاقة الإشعاعية فى الأغراض المدنية أو العسكرية ، وذلك بعد حفظها فى لوعية مغلقة مقاومة للتحلل ، إلا أنه مهما لحكم إغلاق تلك الأوعية ، فإنه فى يوم ما ، قرب أو بعد ، سيحدث تحلل لجزء منها لو كلها ، عندئذ تحدث الكارثة التى قد تؤدى إلى نهاية الحياة فى تلك المياه ، خاصة إذا علمنا أن بعض العناصر المشعة مثل بلوتونيوم 239 يصل نصف عمره الإشعاعى إلى 24400 سنة ، مثل هذا العنصر يحتاج إلى حوالى نصف مليون سنة ليصبح آمنا.

كما ينتج عطب البحار من كثرة تدفق الملوثات عبر الأنهار والمصارف ، فإن إيقاف تدفق مياه الأنهار بإقامة السدود والحواجز تؤثر تأثيرا ضارا على الحياة البحرية ، فإقامة الحواجز لمنع وصول مياه الأنهار إلى البحار كان له تأثير كبير على كثير من الأسماك المهاجرة التى تقضى جزءا من حياتها فى الماء المالح وجزءا آخر فى المياه العذبة . وقد حدث ذلك لأسماك السلمون عند عدم تمكنها من الوصول إلى أماكن وضع البيض فى بعض الأنهار . وفى مصر عندما أنشئ السد العالى وتوقف النيل عن تدفقه وإرسال بعض طميه إلى البحر سنة 1965 نقص

تركيز العوالق النباتية phytoplanktons * بمقدار 90% وقل محصول صيد السردين من متوسط 18000 طن سنة 1960 إلى 1200 طن سنة 1966 ثم إلى 300 طن فقط سنة 1969.

• التلوث البحري ، أيا كان مصدره فهو من فعل الإنسان ، الذى يعيش طبيعيا على اليابسة ، ويتجول بسفن وبوارجه فى البحار ... فى حياته اليابسة يصدر ملوثات للبحر تقدر بحوالى 77% من مجمل الملوثات التى تصل منه إلى البحر ، والباقي وهو حوالى 23% من الملوثات يصدرها الإنسان للبحار أثناء تجواله بها، ويمكن تصنيف مصادر التلوث كما يأتى :-

44% ملوثات الصرف من البر إلى البحر .

33% ملوثات تصل إلى الهواء فوق البحار من النشاط البرى للإنسان .

12% ملوثات تنتج عن سير البواخر.

10% ملوثات تلقى فى المحيطات ، حيث تستخدم بعض الدول الصناعية المناطق العميقة من المحيطات لدفن النفايات العسكرية والنوية والسامة، رغم المنع الدولى لذلك .

1% ملوثات تنتج عن التعدين البحرى وتشمل حفارات البترول البحرية (شكل 12) فى المياه القريبة من الشواطئ.

نتسبب كافة الملوثات البحرية فى نقص المحصول السمكى العالمى بحوالى 20% عن المعتاد .

* العوالق النباتية هى كائنات حية نباتية ، أى تحتوى على كلوروفيل ، لا تتحرك حركة ذاتية لو تتحرك حركة ذاتية ضعيفة لا تمكنها من مقاومة التيارات المائية ، معظمها وحيدة الخلية .

بجانب كافة التلوثات السابق الحديث عنها ، فإن الإنسان أحدث أضرارا أخرى
بالبيئة البحرية نتيجة إخلاله أنواع من الأحياء غريبة عن المنطقة التى انحلت بها ...
يستوردها من مكان ويدخلها فى مكان آخر غريب عنها وسط أحياء مختلفة عن
مخالطتها فى بيئتها الأصلية فيخل بالتوازن بين الأحياء البحرية ، مما يعتبر هذا
تلوثا وراثيا . وقد أدى فتح قناة السويس وإتصال مياه البحرين الأحمر والأبيض
المتوسط إلى ظهور حوالى 250 نوع من أحياء البحر الأحمر فى مياه البحر الأبيض
المتوسط، من ذلك نوع قنديل البحر روبيلما نومادىكا *Rhopilema nomadica*
والذى قلل من المحصول السمكى بشرق البحر الأبيض المتوسط وأثر تأثيرا واضحا
على سياحة الشواطئ .



شكل 13 : حياة بحرية فى طريقها للإندثار بسبب تلوث البحار

لم يكتف الإنسان بإحداثه أضراراً بالحياة البحرية عن طريق تلويثه لمياهها ، بل زاد الطين بله بما يقوم به من صيد جائر أكثر من قدرة للنوع على تعويض خسائره، مما تسبب في تناقص أعداد بعض الأحياء البحرية وزيادة بعض الأنواع البطيئة التكاثر ، من ذلك حوت المحيط الأطلسي الرمادي الذي إختفى منذ عام 1730 وحيوان المنك البحري sea mink الذي إختفى منذ سنة 1880 . أما الحوت الأزرق ، أكبر أحياء كوكبنا فقد تناقصت أعداده تناقصاً واضحاً ، فبعد أن كان تعداده حوالي 200,000 سنة 1950 أصبح حالياً حوالي 2000 فقط .

ولو إستمر الحال على هذا المنوال لوصلنا إلى درجة تصحير البحار ، وذلك كما يحدث في اليابسة في كثير من المناطق الجافة من رعى زائد تسبب في تصحير كثير من المراعى بالعالم ، فكَذلك فإن الصيد الزائد سوف يؤدي إلى ندرة الحياة في مناطق الصيد الكثيف بالبحار (شكل 13).

تلوث التربة

تعتمد كافة الأنشطة الإنسانية ، أساساً على توفر الأرض الضرورية للإقامة والاستقرار والزراعة والصناعة والتجارة ولكافة أنشطة الإنسان الأخرى على اليابسة ، بما فيها الأنشطة الاجتماعية والرياضية والترفيهية ، فالأرض تعتبر وسطاً متكاملًا لمختلف النظم البيئية .

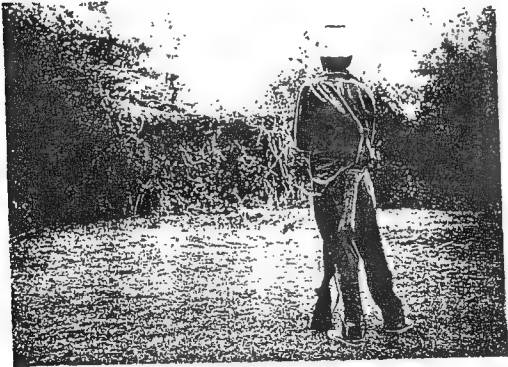
التربة هي الجزء الخارجى من القشرة الأرضية والناجمة عن تفتت الصخور السطحية ، سمكها لا يتعدى عادة بضعة أمتار ، وفيها وعليها تعيش معظم أحياء التربة من كائنات دقيقة ونباتات وحيوانات ، وعلى سطحها يعيش الإنسان والعديد من الأحياء النباتية والحيوانية . من التربة خلقنا ، ومن مكوناتها تغذينا ويتغذى غيرنا من الأحياء ، وفيها نعود ثانية .

(منها خلقناكم وفيها نعيدكم ومنها نخرجكم تارة أخرى) *

لهذا كانت التربة الجيدة أحد الضروريات الهامة لصحة الإنسان . تتدهور التربة بفعل عوامل مختلفة ؛ طبيعية وكيميائية وبيولوجية . يحدث للتدهور الطبيعي للتربة بفعل عوامل النحر والتعرية من ماء ورياح وأمواج بحرية ساحلية ، كما يحدث تدهور طبيعي للتربة بفعل الإنسان عندما يقوم برعى جائر فى المناطق الصحراوية أو بقتل الأشجار وإزالة الغابات ، وقد ينفذ ذلك بحرق الأشجار بدلاً من قتلها (شكل 14) فيلوث بذلك هواء المنطقة . قد ينتج عن التدهور الطبيعي نقص فى مغذيات التربة وتغيير فى حموضتها (رقم p^H) وسوء تهوية . ويحدث التدهور الكيميائى للتربة بفعل الإضافات الكيميائية التى تضاف إليها ، والتى تشمل

* سورة طه : 55

المخصبات المختلفة والمبيدات التي قد تعامل بها التربة مباشرة أو ترش بها النباتات المنزرعة وتتساقط بعضها على التربة أو تتطاير وتصيب أراضي أخرى أو تصل إلى حيوانات أو إنسان وقد تحدث بهم أضراراً . وإذا زاد ما أضفناه من أسمدة ومبيدات عن إحتياجات النباتات المنزرعة بقيت الزيادة بالتربة وإعتبرت من ملوثاتها ، كما تصبح أيضاً من ملوثات مياه التربة . أملاح النترات قد تتحول بفعل بعض أنواع من الكائنات الدقيقة بالتربة إلى أملاح نترات ، والأخيرة قد تتفاعل مع أمينات المواد العضوية بالتربة مكونة نيتروأمينات ضارة بالصحة . يحدث الضرر الكيماوى أيضاً عند إزدياد قلوية التربة أو زيادة ملوحتها . وقد وجد أن سوء إدارة نظم الري ، ويحدث ذلك عند زيادة ماء الري وسوء الصرف قد تسبب في تمليح ما يزيد عن عشرة ملايين هكتار . وعموماً فزيادة ماء الري تضر بالنباتات المنزرعة وكذلك فإن قلة المياه بالأرض تضر أيضاً بالنباتات وبطبيعة الأرض.



شكل 14 : حرق الغابات لتحويلها إلى أراضي زراعية

التدهور البيولوجى ينتج عن إختلال التوازن الطبيعى لأحياء التربة ، قد يحدث ذلك بفعل زيادة مياه الرى أو قلتها عن المعدل وقد يحدث عند إستخدام المبيدات التى تثبّط من نمو بعض الكائنات أو تقتلها دون أن تؤثر على البعض الآخر . وقد يحدث الإختلال البيولوجى عند إدخال كائنات غريبة عن أحياء التربة الطبيعية ، وقد يتم ذلك عند نقل تربة من جهة إلى أخرى ، أو عند التسميد العضوى ، ذلك أن التربة والأسمدة المنقولة تحتوى على أحياء دقيقة وغير دقيقة قد يكون منها ما هو غريب عن أحياء التربة المنقولة إليها .

التربة الزراعية هى المصدر الأول لغذاء الأحياء الأرضية ، فعليها تنمو النباتات التى تستمد إحتياجاتها الغذائية من ثانى أكسيد الكربون الجوى ومن ماء وأملاح التربة . وتستمد كثير من الحيوانات غذاءها من النباتات ، وتستمد حيوانات أخرى غذاءها بالإقتراس على حيوانات أكلة أعشاب ، ويستمد الإنسان غذاءه من أنواع مختلفة من النباتات والحيوانات . وتعتمد كثير من الأحياء الدقيقة ؛ بكثيرة وفطرية وبروتوزوية على مخلفات وبقايا كافة الأحياء . وعموما فإن الزراعة ومتطلباتها الغذائية تتأثران بنوعية التربة وصحتها ومدى ما نوليه لها من عناية وإهتمام .

نقص إنتاج الغذاء يتسبب فى كثرة المعاناة وإنتشار حالات الإصابة بسوء التغذية بين المواطنين الذين لا يجدون إحتياجاتهم الكافية من الغذاء ، وما ينتج عن ذلك من مشاكل صحية يتعرض لها ملايين المواطنين فى الدول النامية . وفى إحصاء تم عام 1995 وجد أن أكثر من 780 مليون شخص على مستوى العالم لا يحصلون على الغذاء الكافى ، حيث يعيش معظمهم فى مناطق معرضة للجفاف أو تحت ظروف تربة رديئة لا تصلح للنمو النباتى الجيد .

لا تقتصر الأضرار الحادثة للتربة على نقص متطلباتها من مغذيات أو الإخلال بإحتياجاتها من المياه أو على ما نضيفه إليها من مبيدات وأسمدة قد تزيد على إحتياجاتها وقد تقل ، بل قد تحتوى التربة على ملوثات بيولوجية ، قد تكون مسببات أمراض من كائنات دقيقة بكتيرية وفطرية وبروتوزوية وفيرسية ، وقد تحتوى التربة على مصادر العدوى بديدان الأمعاء من بيض ويرقات ، والتي تصل إلى التربة عن طريق بول وبراز الإنسان ، والتي قد تصل إلى التربة مباشرة أو عن طريق مياه الري الملوثة بمياه الصرف الصحى . بعض تلك الديدان تتسبب فى أضرار خطيرة للإنسان ، منها الأنيميا وأمراض الكبد والكلى والأمعاء . من أنواع الديدان التى تصيب الإنسان وتنقل خلال التربة ديدان الإسكارس والإنكلستوما والأنتروبيوس.

من مسببات الأمراض الأخرى والتى تعيش فى التربة البكتيريا المسببة لمرض التيتانوس وفيرس شلل الأطفال . تسبب البكتيريا كلوستريديم تيتاني *Clostridium tetani* مرض التيتانوس وذلك بدخول البكتيريا المسببة إلى الجروح العميقة فى الجلد حيث تفرز مادة سامة قاتلة تسمى فى الدم والأعصاب وتظهر أعراضها فى صورة تشنج لعضلات الفك ، أما فيروس شلل الأطفال فيعتبر من أكثر الفيروسات قدرة على البقاء فى التربة محتفظا بحيويته ، خاصة أن هذا الفيروس يلتصق بشدة بحبيبات التربة الطينية ويقاوم الجفاف . يعتبر فيروس شلل الأطفال من الفيروسات المعوية التى تخرج مع براز المريض إلى البيئة الخارجية ، وخاصة خلال الأسابيع الأولى من حدوث العدوى . ينتج عن الإصابة حدوث تغييرات ضارة بالخلايا العصبية تؤدى إلى ضمور فى العضلات . عموما تثبت إمكانية إنتقال الفيروسات المعوية من التربة الملوثة بها إلى الإنسان عن طريق الخضراوات . لهذا فإن إستخدام مياه الصرف الصحى فى رى حقول الخضروات يعتبر من المحظورات لما يسببه التلوث الناتج عنه من أضرار جسيمة على صحة الإنسان . وفى دراسة مقارنة لمدى إنتقال بعض مسببات الأمراض عن طريق بعض الخضراوات شملت الكرنب والطماطم والفلفل والخس ، وجد أن الفيروسات والبكتريات الملوثة للكرنب فقدت حيويتها خلال ثلاثة أو أربعة أيام ، وعلى ذلك بوجود مواد مضادة للفيروسات والبكتريات المرضية فى أنسجة نبات الكرنب .

كذلك فقد ثبت أن بعض الفيروسات ومنها فيروس شلل الأطفال يمكنها اختراق جنور وسيقان بعض النباتات مثل البسلة وتبقى حية بها لمدة طويلة .

العناية الصحية الوقائية ضرورية في حالتى التيتانوس وشلل الأطفال وغيرهما من الأمراض المحمول مسبباتها على حبيبات التربة أو مياهها ، وذلك للإقلال من فرص التعرض لتلك المسببات المرضية ولتفادى الأخطار التى قد تنجم عن الإصابة بها ، والتحصين ضد هذه الأمراض يعتبر أمرا واجبا عن احتمالات التلوث بمسبباتها .

بجانب ما جاء ذكره من تلوثات معدنية وكيميائية وبيولوجية تحدث للتربة ، فإنه قد يحدث بعض الحالات تلوث إشعاعى للتربة . ففي الحالات التى يحدث فيها تسرب إشعاعى يحدث تساقط لجسيمات مشعة إلى التربة وعندئذ تمتص النباتات المنزرعة الجسيمات المشعة مع غيرها من مغذيات التربة . ومن النباتات الملوثة بالإشعاعات تنتقل العناصر المشعة إلى الحيوانات والإنسان عند التغذية على تلك النباتات . وقد تصل العناصر المشعة إلى الإنسان عن طريق الغذاء على لحوم أو بيض أو اللبن أو منتجات اللبن ناتجة من حيوانات تعرضت مباشرة للإشعاعات أو تغذت على نباتات نمت فى تربة تعرضت للتسرب الإشعاعى . وقد حدث ذلك عندما تسربت الإشعاعات من مفاعل تشرنوبيل سنة 1986 ، وتحركت السحب حاملة الجسيمات المشعة إلى أماكن مختلفة فأدت إلى تلوث مناطق تساقطت بها أمطار السحب الملوثة ، ومن هذه المناطق أوكرانيا وبيلاروسيا (روسيا البيضاء) من دول الاتحاد السوفيتى السابق ، كما شملت دول أخرى مثل السويد وبريطانيا . تلوث التربة فى المناطق التى تساقطت بها الأمطار المحملة بالجسيمات المشعة وإستمرت خطورة التلوث الإشعاعى قائمة من منتجات هذه الأرضى مدة زلت عن خمسة سنوات .

١/ تلوث الغذاء

الغذاء هو أحد الضروريات لإستمرار الحياة ، حيث يحتاج الإنسان البالغ الطبيعي منه إلى مصادر طاقة لتوليد حوالى 1500 إلى 2400 سعر حرارى يوميا منها حوالى 70 جرام بروتين والباقي مواد كربوهيدراتية ودهنية ، كما يحتاج الجسم بجانب ذلك إلى أملاح وفيتامينات وماء .

الغذاء الجيد هو الغذاء المتوازن فى مكوناته المختلفة ، والكافى لتغطية كافة احتياجاته من الطاقة اللازمة للقيام بمختلف النشاطات الجسمية للظاهرية والباطنية ، ولحفظ حرارة أنسجة الجسم المختلفة ، ولتوفير المواد الضرورية لنموه ، إذا كان فى طور النمو ، أو لبناء ما يفقد أو يتلف من خلايا جسمه أو الضرورية لتكوين وإفراز الأنزيمات الضرورية للتفاعلات البيولوجية لمختلف الأجهزة والهرمونات الضرورية للتنسيق والتنظيم العام للأنشطة الفسيولوجية . وهذا الغذاء يجب أن يكون خالياً من كافة الملوثات الكيميائية والبيولوجية والإشعاعية الضارة بأنسجة الجسم .

يتعرض الغذاء خلال مراحل إنتاجه للملوثات . فتتلوث المحاصيل الغذائية للنباتية من التربة أثناء عمليات الزراعة والنمو والرى والتسميد ومقاومة الآفات ، كما تحدث أثناء الجمع والحصاد والنقل والتخزين والتسويق والتصنيع وإعدادها للطعام . ويحدث التلوث للمنتجات الحيوانية أثناء تربية الحيوانات وتغذيتها ورعاية بها ، ومن المعاملات المختلفة التى تتعرض لها والتى تشمل مقاومة الأمراض التى تصيبها بالأدوية ، والحشرات المنتشرة حولها وقد تصيبها بالمبيدات الحشرية ، وقد يحدث تلوث المنتج الحيوانى من الأمراض التى تصيب الحيوانات والتى يمكنها أيضاً إصابة الإنسان إما مباشرة عن طريق التغذية على لحومها أو عن طريق التغذية على ألبانها . ويحدث التلوث من المعاملات التى تجرى عقب الذبح : خلال تداول اللحوم عند النقل والتسويق وعند الإعداد للطهى .

مصادر التلوث الغذائى متعددة ، وتشمل الماء الملوث عند رى النباتات وتطهير الحيوانات وعند غسل الخضراوات والفاكهة واللحوم لإعدادها للتسويق ، وأيدى العمال غير النظيفة أو المرضى الذين يتعاملون مع منتجات الغذاء ، والحشرات وخاصة الذباب والصراصير والتي قد تصل إلى الغذاء ، وأواني الطهى والطعام الملوثة . وعموما فإن أكثر الناس عرضة لملوثات الغذاء هم الفقراء نظراً لضعف إمكانياتهم المادية عن أن تمكنهم من الحياة النظيفة الصحية ولسوء تغذيتهم والتي تسبب فى ضعف مناعتهم وسهولة إصابتهم بمسببات الأمراض . كذلك فإن قلة الوعي الثقافى البيئى وعدم معرفة أو قناعة الأشخاص بمسببات التلوث كثيراً ما يكون عاملاً مساعداً على الإصابة بملوثات الطعام .

بعض الملوثات قد تصل إلى الغذاء عمداً وخاصة أثناء التصنيع نتيجة للإضافات التى تضاف للمواد الغذائية بغرض تحسين مظهرها وتحسين تسويقها وخاصة بالنسبة لأغذية الأطفال ، وقد تكون سبباً فى الإضرار بصحة مستهلكيها . من تلك الإضافات مكسبات اللون والطعم والرائحة والمواد المحلية والمواد الحافظة ، وكذلك ما يصل إلى الغذاء عند رش الحشرات ومقاومة الأمراض وما يصل إلى النباتات من مبيدات وأسمدة وما يصل إلى لحوم الحيوانات من لدوية وهرمونات .

من مكسبات اللون التى تضاف إلى المنتجات الغذائية صبغة اللعلى والتى تستخدم فى تلوين بعض أنواع الحلوى وغزل البنات والزيتون الأسود وهى مادة سامة تؤثر على النخاع وتسبب فى حدوث لثيميا . ومن مكسبات اللون التى إستخدمت بتوسع ثم إتضح أنها من مسببات أمراض السرطان الصبغة الحمراء اللون ، أحمر 2 (Red II) والصبغة للبنفسجية اللون ، بنفسجى 1 (Violet I) . ومن المواد المحلية التى إنتشر إستخدامها وخاصة بالنسبة لمرضى السكر وراغبي التخسيس ، ثم ثبتت أضرارها على الصحة وحرمتها العديد من الدول مادة السكرين saccharine والتى تعطى حلاوة تعادل 300 مرة حلاوة السكر ومركبات السيكلامات cyclamates وحلاوتها تعادل 30 مثل حلاوة السكروز . وبالنسبة للمواد الحافظة

فقد إستخدمت أملاح نترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم لحفظ اللحوم وخاصة فى حالات صناعة اللانشون والبسطة والسجق وكذلك فى حفظ الأسماك كما فى حالة الأسماك المجففة والمدخنة وأحياناً فى صناعة الجبن الطرى . وقد إتضح أن أملاح النترات تتفاعل مع عصارة المعدة الحامضية وينتج عن ذلك حمض نيتروز الذى يتفاعل مع هيموجلوبين الدم مكوناً مركب متهيموجلوبين methemoglobin فتقل بذلك قدره الدم على نقل الأكسجين فتحدث حالة فقر دم خاصة بين الأطفال ، كذلك فقد تتفاعل مع بعض القواعد الأزوتية الداخلة فى تركيب المادة الوراثية مما قد تنتج عنه أورام سرطانية . ومن الأضرار الأخرى لأملاح النترات أنها قد تتفاعل مع الأحماض الأمينية المكونة لبروتينات اللحوم المحفوظة فينتج عن ذلك مركبات نيتروأمينية nitrosamines ذات تأثير مسرطن ومن المواد الحافظة الأخرى والتي ثبتت أضرارها أملاح النترات والتي قد تتحول فى الأمعاء الغليظة بفعل بكتريا القولون إلى نترات ، والفورمالين الذى كثيراً ما يستخدم فى حفظ الألبان ومنتجاتها للحد من نمو الكائنات الدقيقة وهو شديد الضرر وذو تأثير سام ومسرطن .

بجانب المواد المحلية والملونة والحافظة والتي تضاف مباشرة إلى الغذاء أثناء تحضيره توجد مواد أخرى تضاف للغذاء فى مرحلة سابقة للتجهيز ، فقد يعامل بها النبات قبل جمعه والحيوان قبل ذبحة ، من ذلك المبيدات والأسمدة التى تعامل بها النباتات والحيوانات ، والمضادات الحيوية والأنوية والهرمونات التى قد تعطى للحيوانات خلال فترات من نموها . وكثيراً ما يبقى جزء من هذه الملوثات فى المنتج الغذائى .

تستخدم المبيدات على النباتات والحيوانات لمقاومة الآفات التى تصيبها ، وبها تقاوم كثير من آفات وأمراض النباتات ، وتستخدم على الحيوانات لمقاومة الحشرات التى تصيبها مثل القراد والقمل والحلم والبعوض والذباب . تمتص كثير من المبيدات داخلياً فى أنسجة النبات والحيوان فتصل إلى منتجاتها من خضر وفاكهة ولحوم

وببيض وألبان ، ولهذا نجد أن المبيدات تتنقل خلال الكائنات الحية بتغذية بعضها على بعض وتزداد تركيزا خلال سلسلة الغذاء .

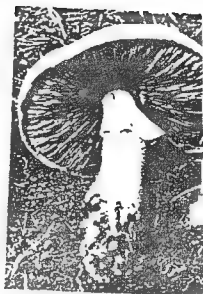
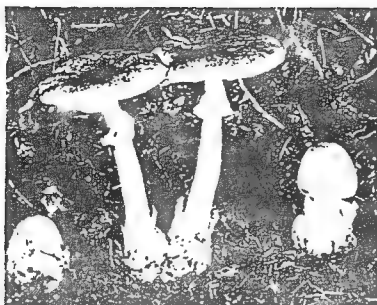
وبالنسبة للأسمدة فقد زادت معدلاتها للحصول على إنتاج أكبر ، نظرا للطلب الشديد على المنتجات الغذائية ، للزيادة الرهيبة في أعداد طالبي الغذاء . الزيادة السمادية كانت من نصيب الأسمدة الكيميائية وذلك لمسهولة نقلها إلى أماكن طلبها ، بعكس الأسمدة العضوية فهي أسمدة غير مركزة ويصعب نقلها لمسافات بعيدة . الأسمدة الكيميائية هي أسمدة مركزة ، إذا زادت عن حاجة النبات تبقى الزيادة في التربة وتلوث مصادر المياه ، أو تمتصها النباتات وتبقى في صورتها في أنسجة النباتات ، ويحدث ذلك بالنسبة لأملاح النترات ، فإن زيادتها تخزن في النبات على صورتها ومن أكثر النباتات تخزينا للنترات البنجر والفجل والخس والكرفس.

تربي الحيوانات والدواجن في كثير من دول العالم في أماكن محدودة وبأعداد كبيرة مترحمة ، مما يترتب عليه سهولة إنتقال وإنتشار الأمراض بينها ، كما قد يترتب على ذلك حدوث اضطرابات سلوكية للحيوانات تظهر في ظهور حالات هيجان بين القطيع . لهذا أصبحت برامج تربية الحيوانات والدواجن تشمل على إضافة أدوية وقائية ومضادات حيوية تضاف إلى الغذاء أو مع مياه الشرب على فترات معينة ، وذلك بخلاف الأدوية التي تعطى للعلاج عند ظهور أمراض بها . وقد وجد أن 45% من مجمل المضادات الحيوية المستهلكة بالولايات المتحدة الأمريكية تضاف بجرات صغيرة إلى غذاء الماشية كوقاية ضد الأمراض ولأنه قد وجد بأن المضادات الحيوية تتسبب في زيادة معدلات نمو الماشية ولم يعرف لذلك تعليل بعد . المضادات الحيوية المستخدمة على الحيوانات هي نفس الأنواع المستخدمة في علاج أمراض الإنسان . الميكروبات التي تتعرض بصفة مستمرة لهجمات الجراثيم الصغيرة من المضادات الحيوية تكتسب بمرور الوقت مقاومة ضدها . وهذه الميكروبات المكتسبة للمقاومة ضد المضادات الحيوية قد تصيب الإنسان

وعندئذ لا تجدى معها تلك المضادات نفعا. كذلك فإن الحيوانات قد تعطى لوربا مهدنة لتقليل عدوانيتها الناتجة عن التزاحم وخاصة قبل نقلها إلى المذابح. رغبة من بعض مربى الحيوانات فى الحصول على مكاسب سريعة فإنهم يستخدمون هرمونات تزيد من أوزان الحيوانات، وقد تكون تلك الزيادة غير حقيقية، بل هي زيادة ناتجة عن زيادة قدرة الأنسجة على الاحتفاظ بالماء، وغالباً ما تكون الهرمونات المضافة هرمونات أنثوية تظهر أضرارها على ذكور المتغذيين على هذه اللحوم، أكثر من ظهورها على الإناث.

التلوث المعدنى والكيميائى للمواد الغذائية كثيراً ما يتسبب عنه أضرار صحية خطيرة، فالمعادن الثقيلة وكثير من المبيدات قد تسبب فى إصابة الإنسان بالفشل الكلوى أو الفشل الكبدى، كما قد يتسبب عنه تشوه للأجنة وإصابات بالسرطان. لهذا نجد أن كثير من الدول المتقدمة منعت استخدام المعلبات المعدنية الغذائية المحتوية على رصاص. يحدث تلوث لمياه الشرب أو المياه المستخدمة فى تصنيع الغذاء بالرصاص من خزانات المياه المعدنية أو من أنابيب ووصلات شبكة المياه. التلوث بالزئبق يزداد حدوثه للحيوانات البحرية النامية فى مياه حامضية، ويعتبر السمك المصدر الرئيسى لتلوث الإنسان بالزئبق. يؤثر الزئبق على الجهاز العصبى للإنسان وخاصة بالنسبة للأطفال. ويكثر الكاديوم فى المنتجات النباتية النامية فى أراضى مسمدة بالفوسفات بكثرة. يزداد تركيز الكاديوم فى كبد وكلى الإنسان.

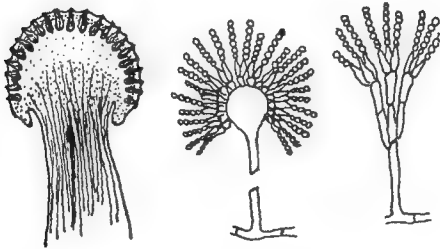
تتكون بعض المواد الكيميائية السامة طبيعياً فى أنسجة بعض الكائنات الحية الحيوانية أو النباتية أو الميكروبية، وقد نخطئ ونستخدمها للغذاء لما بينها وبين كائنات مثيلة من شبه كبير قد لا يميزه إلا مختص. من ذلك بعض فطريات عيش الغراب mushroom (شكل 15)، فبينما نجد أن الكثير من هذه الفطريات الكبيرة الحجم تعتبر أغذية محبوبة ومرغوبة وذات قيمة مادية وغذائية عالية نجد البعض منها شديد السمية، وقد يكون سبباً فى هلاك مستهلكها. من الأمثلة الأخرى نجدها فى الأسماك التى تعتبر من الأغذية البروتينية المرغوبة والتى تؤكل على نطاق واسع فى كثير من دول العالم، نجد أن بعضها سام للإنسان.



شكل 15: فطريات عيش الغراب قد تكون غذاء شهيا وقد تكون سما قاتلا
على اليمين : فطر أجاريكس *Agaricus* أنواعها منتشرة وبعضها يزرع ويسوق كغذاء
على اليسار : نوع من فطر *Amanita* الشديد السمية

وبين النباتات نجد البعض يحتوى على مواد لها تأثير سام على الإنسان، والبعض يحتوى على مواد ضارة بوظائف بعض أعضاء الجسم كأن تحتوى على نسب مرتفعة من الأكسالات والتي قد تتسبب لدى البعض فى تكوين حصوات بالكلى. وبالنسبة للكائنات الدقيقة نجد أن بعضها ينتج مواد كيميائية سامة عند نموه على محصول غذائى ، من ذلك الفطر كلايسبس بربوريا *Claviceps purpurea* الذى يصيب بعض النجيليات (شكل 16) محدثا مرض الأرجوت *ergot* ، فإذا طحن دقيق نبات نجيلي كالقمح مصاب بهذا المرض وسط قمح سليم من المرض نتج عن ذلك دقيق سام ، تختلف درجة سميته وفقاً لتركيز القمح المصاب إلى القمح السليم ، وقد نتج عن ذلك حالة تسمم واسعة بفرنسا سنة 1943 أدت إلى وفاة حوالى أربعين

ألف شخص . ثم عرفت بعد ذلك سنة 1960 مجموعة من السموم والتي تسمى فطريات سميت بالأفلاتوكسينات aflatoxins ، تظهر عند إصابة بعض النباتات بفطريات معينة منها الفطر أسبرجيلس فلافس *Aspergillus flavus* والذي يصيب الفول السوداني والذرة والأرز وبذرة القطن ، وتكثر الإصابة بهذا الفطر في المخازن عقب الحصاد وخاصة عند ارتفاع درجتي الحرارة والرطوبة . وقد سجلت أول إصابة نتجت عن هذا الفطر سنة 1960 عندما غذيت دواجن رومية بإنجلترا على دقيق فول سوداني مستورد من البرازيل ومصاب بالفطر المذكور ، وقد تسبب ذلك في موت مائة ألف من تلك الدواجن الرومية ، وقد ظهرت أعراض التسمم في حدوث نزيف داخلي تحت الجلد وبقان في الكبد وتضخم في المرارة إضافة إلى تغييرات سرطانية للدواجن الرومية . وقد سجلت بعد ذلك بعض السموم الفطرية ضمن المعرطنات ، من ذلك أكراتوكسين أ (ochratoxin A) الذي يكثر وجوده في



شكل 16 : فطريات ملوثة للغذاء

يمين : نوع من فطر بنسيليوم
وسط : نوع من فطر إسبرجيلس
يسار : فطر كلافيسيس بريوريا

القمح ويتسبب عن فطريات من الجنس *Aspergillus* وبميسيليوم *Penicillium* (شكل 16). ويتسبب عن التغذية على الأقماح المصابة والمحتوية على هذا السم إلتهاابات كلوية وفشل كلوى . كما قد سجلت حالات تسمم كبدى أفلاتوكسينى aflatoxin hepatitis سنة 1975 نتيجة تغذية على ذرة ملوثة بالفطر *A.flavas* التلوث الأفلاتوكسينى قد يحدث مباشرة نتيجة التغذية على المنتج الغذائى النامى عليه الفطريات المكونة للأفلاتوكسينات ، أو نتيجة للتغذية على منتجات حيوانية لحيوانات تغذت بغذاء ملوث بها ، كالتغذية على لحوم أو ألبان أو بيض تلك الحيوانات . وتشير الدراسات إلى وجود علاقة إيجابية بين هضم الأفلاتوكسينات وحدث سرطان الكبد فى الإنسان.

بعض ملوثات الطعام الكيميائية تصل إلى الغذاء من ملوثات البيئة المختلفة ؛ من الهواء أو الماء أو التراب ، كالرصاص والزنبق والكاديوم ومركباتها وكثناى الفينيل عديد الكلور ، والبعض يتكون أثناء تجهيز الطعام مثل المركبات الهيدروكربونية الناتجة عن حرق الوقود أثناء الشى على الفحم (شكل 17) وتكون مركبات بنزانثراسينات benzanthraces عند شى اللحوم وهى من المركبات المسرطنة .

عرف التلوث الإشعاعى حديثا ، وقد تصل التلوثات الإشعاعية إلى المواد الغذائية ، ثم تصل إلى أجسامنا عن طريق الغذاء الذى تعرض للإشعاعات ، وقد يحدث ذلك بعيدا عن مناطق حدوث التسرب الإشعاعى . تعرض الإنسان سنة 1986 عقب حادث تشرنوبيل للإشعاعات المؤينة مباشرة فى منطقة التسرب ، كما تعرضت كثير من الدول المجاورة للإشعاعات نتيجة تحريك السحب المحملة بالجسيمات المشعة والتى تساقطت أمطارا فى تلك الدول فلوثت التربة وما عليها من نباتات وحيوانات بالعناصر المشعة ، وبالتالى تلوثت محاصيلها النباتية ومنتجاتها الحيوانية من لحوم وألبان وبيض ، فكانت مصدر قلق لشعوب العالم المستوردة

للغذاء من الدول التي لوثتها الأمطار المشعة . وقد تم كشف تلوث باليود 131 والسييزيوم 134 والسييزيوم 137 في أغذية مستوردة من تلك الدول ، وخاصة في الألبان ومنتجاتها والتي يتركز تأثيرها الضار على الغدد الدرقية . وقد ثبت أن اليود المشع يمتد أثره لعدة أشهر ، أما السيزيوم المشع فيستمر أثره لمئات السنين ، ذلك أن عمر النصف الإشعاعي له 30 سنة ، والأثر المشع له لا زال موجوداً في منطقة حدوث التسرب الإشعاعي وغير مسموح بزراعة المحاصيل الغذائية في تلك المنطقة حتى الآن . وقد تسبب الإشعاع المؤين في زيادة معدل الإصابة بسرطان الغدة الدرقية بين الأطفال في المناطق المحيطة بمفاعل تشرنوبيل . في الفترة المبدئية التي أعقبت حادث التسرب الإشعاعي منع زراعة 144000 هكتار ومنع استخدام 492000 هكتار غابات وأعلنت مناطق سكنية مساحتها 26000 كيلومتر مربع مناطق غير صالحة للسكنى .



شكل 17 : شى اللحوم على الفحم مباشرة ينتج عنه تكون مواد مسرطنة باللحوم ، إضافة إلى تلويث الجو بأول أكسيد الكربون وغيره من ملوثات حرق الوقود

التلوث البيولوجى الناتج عن كائنات حية ، غالباً من الكائنات الدقيقة ، والذي يظهر عادة فى صورة أمراض تصيب الإنسان ، كثيراً ما تحدث الإصابة بها عن طريق ما يتناول من أغذية حيوانية أو نباتية . لحوم الحيوانات السليمة تكون خالية من الميكروبات ولكنها قد تتلوث بعد الذبح من أيدي الجزارين والحمالين ووسائل النقل . أما الحيوانات المريضة فكثيراً ما تكون مسببات أمراضها هى نفس مسببات أمراض الإنسان ، من ذلك أمراض المل والحمى المالطية والحمى القلاعية ، وهذه المسببات قد تنتقل من الحيوانات المريضة إلى الإنسان عن طريق الألبان . إصابات الديدان الشريطية تظهر فى الأبقار والخنازير فى صورة حوصلات بالعضلات ، فإذا تغذى إنسان على لحوم ملوثة بالحوصلات دون طهي جيد نشطت الديدان المتحوصلة وظهرت إصابات الديدان الشريطية .

التلوث البيولوجى الخارجى للحوم والألبان يحدث من أيدي الجزارين والحلابين وقد ينقلون معها ميكروبات مرضية منها ميكروبات التيفود والكوليرا والإسهال . تتسبب الكوليرا عن نوع من البكتريا يسمى فبريو كوليرا *Vibrio cholera* والتي تصيب مئات الآلاف سنوياً فى أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية ، وتصل ميكروبات الكوليرا إلى الغذاء عن طريق المياه الملوثة . أمراض الإسهال تتسبب عن العديد من الملوثات منها البكتريا إشيريشيا كولاي *Escherichia coli* والتي تحمل بالغذاء ويكثر إنتشارها بين مواطني الدول النامية وتكون مسؤولة عن 25 % من حالات إسهال الأطفال والصغار . كثير من الأمراض الطفيلية التي تصيب الإنسان عن طريق ما يتناوله من غذاء أو شراب قد تنتج عن التلوث البرازي للغذاء سواء نتيجة لعدم نظافة الأيدي أو أن يكون النقل إلى الغذاء عن طريق بعض الحشرات وبخاصة الذباب ، ومن هذه أمراض الحمى التيفودية والكوليرا والدوسنتاريا وشلل الأطفال والالتهاب الكبدي الوبائي .

من المسميات الفيروسية التي تنتقل بالغذاء فيروس الكبد الوبائي A hepatitis والذي يصيب من 100 إلى 500 شخص من كل مليون شخص سنويا .

من المشاكل الحديثة المرضية والتي تتسبب عن نوع من البروتين المعدى يقال له بريون prion ، وهو أصغر الممرضات المعروفة حتى الآن ويتسبب عن الإصابة به مرض جنون البقر mad cow disease (BSE) والتي شخص وجودها في حوالي 1000 بقرة بالمملكة المتحدة سنة 1980 ويعتقد بإمكان انتقالها من لحوم البقر إلى الإنسان .

تتعرض المواد الغذائية النباتية من خضراوات وفاكهة للتلوث الخارجى بميكروبات ممرضة للإنسان ، من ذلك البروتوزوا المسببة لمرض الدوسنتاريا التي تهاجم الأمعاء الغليظة وتتكاثر بها ، وقد تنتقل خلال الأوعية الدموية وتصيب الكبد كما قد يحدث تلوث للمنتجات النباتية ببيض أو يرقات بعض الديدان المتطفلة مثل ديدان الإسكارس والبلهارسيا والأنكلستوما والدودة الكبدية . ترجع معظم هذه التلوثات إلى خلط مياه الصرف الصحى بالمياه الجارية ، أو الإستخدام غير الصحى للمياه الجارية من تبول وتبرز بها أو داخل الحقول المنزرعة بمحاصيل غذائية أو إستخدام مياه الصرف الصحى مباشرة فى رى المزروعات .

من كل ما سبق تتضح لنا أهمية خلو ما نتناوله من غذاء وشراب من كافة الملوثات الكيميائية والإشعاعية والبيولوجية ، ولا يتسنى ذلك إلا بالعناية الصحية للأشخاص القائمين بالزراعة والعناية بالحيوان والقائمين بتداول وتسويق وأعداد الطعام ومكافحة الحشرات الناقلة للأمراض ومنع وصولها إلى الغذاء ، كما يجب العناية بالغسيل الجيد للمنتجات الغذائية للنباتية والحيوانية بالماء النظيف الجارى الخالى من الملوثات وذلك لإزالة الملوثات الخارجية . ويجب العمل على عدم وصول تلوثات كيميائية والتأكد من عدم تعرض الأغذية لمولوثات إشعاعية . ويجب

تحاشى إستخدام المنظفات الصناعية لغسيل المنتجات الغذائية ، فالمنظفات الصناعية ما هى إلا خليط من مواد كيميائية ، تختلف من منتج إلى آخر وغالباً ما يدخلها مادة أو أكثر ذات سمية ، أو قد تكون محفزة لتكوين أورام خبيثة ، فإستخدام المنظف الصناعى لإستبعاد ملوث هو فى نفس الوقت إضافة لملوثات أخرى قد تكون أشد خطورة ، ولا يفيد فيها الغسيل بالماء الجارى بعد الغسيل بالمنظف الصناعى ، لأن جزءاً من المنظفات الصناعية يكون قد أمتص فى أنسجة المنتج الغذائى وخاصة فى حالة محاصيل الخضر الورقية.

التلوث الداخلي

يقصد بالتلوث الداخلي * indoor pollution تلوث الأماكن المغلقة كالمنازل والمدارس والمكاتب والمسارح المغلقة والمطاعم والمقاهي والمخابز وأماكن العبادة وغيرها . ويرجع التلوث الداخلي إلى مسببات مختلفة ، ففي المنازل والمطاعم والمقاهي والمخابز نجد أن معظم التلوث ينتج عن حرق الوقود للطهي أو للتسخين أو للتدفئة ، خاصة في حالة عدم توفر مداخن مناسبة ، كما يرجع معظم التلوث في المدارس والمسارح ودور العبادة إلى التزاحم الذي ينتج عنه إستهلاك مرتفع لأكسوجين الهواء الجوي وزيادة في معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو نتيجة لتنافس الأشخاص ، كما يسهل مع التزاحم إنتقال مسببات الأمراض الطفيلية من شخص إلى آخر وخاصة أمراض الجهاز التنفسي . ويعتبر التدخين من أشد الملوثات في الأماكن المغلقة والتي يصرح فيها بالتدخين ، وحيث يصبح التدخين السلبي إلزاميا لكافة الموجودين بالمكان سواء مدخنين أو غير مدخنين . كما يعتبر رش المبيدات لمقاومة الحشرات في الأماكن المغلقة أشد ضررا من رشها في الأماكن المكشوفة . إضافة إلى ما سبق فإن كثيرا من الملوثات الداخلية تنتج عن مواد البناء والدهانات والمعطرات ومصنعات الجو ومواد التنظيف والتطهير والمذيبات المختلفة والتي تستخدم بالمنزل والحيوانات الأليفة من قطط وكلاب والتي تربي في المنازل والطيور والحيوانات الزراعية التي تربي في الأرياف داخل منازل . يضاف إلى كافة الملوثات الداخلية ما يصل إلى الأماكن المغلقة خلال فتحاتها المحدودة أو أجهزة التكيف بها من ملوثات خارجية مختلفة.

* هذا الموضوع متفرع اقتصاديا في كتاب التلوث المنزلي للمؤلف .

الأضرار الناتجة عن التلوث فى الأماكن المغلقة تكون أبعد وأكثر شدة من الأضرار الناتجة عن التلوث العام فى الأماكن المكشوفة ، لأن الملوثات تكون محصورة فى التلوث الداخلى كما أنها تصدر قريباً من الأشخاص المقيمين بالداخل ، وقد بينت الدراسات أن إحتمال وصول الملوثات الداخلية إلى رئات الأشخاص المقيمين بالمكان المغلق أكثر ألف مرة من إحتمال وصول الملوثات التى تبث فى أماكن مكشوفة. وقد إتضح أن كميات الملوثات الموجودة فى الأماكن الداخلية قد تزيد عن مثيلاتها فى المساحات المكشوفة بمقدار 200% إلى 500%. ويزداد الأثر الضار إذا علمنا أن معظم الأشخاص يقضون حوالى 90% من أوقاتهم داخل المنازل. تتوقف المخاطر الناتجة عن التلوث الداخلى على مدى وكيفية تهوية المبنى وعلى أنواع الملوثات الموجودة وكثافتها وعلى مدى تلاحم الأشخاص الموجودين بالمبنى وأعمارهم وحالتهم الصحية ومدى حساسيتهم للملوث.

يزداد تعرض الأشخاص للتلوثات الداخلية فى الدول النامية مقارنة بالأشخاص فى الدول المتقدمة ، حيث أن كثير من سكان الدول النامية الفقيرة يستخدمون الوقود المتجدد كالأحطاب وروث الحيوانات المجفف ، كما يستخدمون الفحم فى الطهى والتدفئة ، يتسبب عن إحتراق هذه الأنواع من الوقود ملوثات كثيرة إذا ما قورنت بالبترول والغاز الطبيعى تظهر فى كثرة إصابات الجهاز التنفسى ، وقد قدرت أعداد المصابين فى تلك الدول بأمراض الجهاز التنفسى بحوالى 1000 مليون شخص سنوياً، معظمهم من النساء والأطفال ، وهم الذين يقضون معظم أوقاتهم بالمنازل.

تستخدم المبيدات فى الأماكن المغلقة فى صور مختلفة ، قد تكون رشاً أو فى صورة إيروسولات وأحياناً فى صورة ضبابية أو على هيئة أقراص تتسامى بالتسخين ، وقد توضع كمساحيق فى أماكن دخول أو تحرك الحشرات ، وقد يعمل منها طعام تخلص مع موالد غذائية لجذب الفئران أو النمل إليها ، وقد تضاف إلى دهانات الحوائط حيث يطول مفعولها، وقد تستخدم على شرائح ورقية محتوية على

مواد جاذبة للحشرات وتعلق في المطابخ عادة ، وقد تعمل منها أطواق تعلق في رقاب الكلاب المنزلية لمقاومة حشراتهما . كثير من تلك المبيدات غير قابل للتحلل البيولوجي فهي تبقى على حالها في البيئة مدة طويلة ، خلالها تبتث سموها على الأشخاص المقيمين داخل المبنى وتلوث أثناء ذلك طعامهم وشرابهم .

كثير من المنازل والمكاتب تحتوي بعض حجراتها على سجاد ثابت في الأرض (موكيت) ، هذا السجاد يعتبر مأوى مثالي لأنواع من الحشرات والعناكب والحلم والتي تعتبر من المسببات الرئيسية لأمراض الحساسية ، كذلك فإن سوء التهوية يتسبب عنه إزدياد معدلات وجود غاز الرادون المشع بالمبنى والذي ينطلق من جدران بعض المباني .

تعتبر القمامة التي تتجمع عن تنظيف الأماكن المغلقة وجميع المخلفات غير المرغوب فيها من بقايا مأكولات ومخلفات ورقية وزجاجية وبلاستيكية ومعنوية ، إضافة إلى ما يصل إلى المكان من غبار خلال فتحات المكان أو محمولة على أحذية وملابس القادمين ، وما يحويه الغبار من أطوار حشرية وشعور حيوانات اليفة . هذه القمامة يجب التخلص منها بأسرع ما يمكن ، فوجودها مدة أطول من اللازم ينتج عنه حدوث تخمر لما تحتويه من مواد عضوية ، والتي تصبح مصدر جذب للحشرات الطائرة والزاحفة ، وبؤرة تكاثر لتلك الحشرات . كذلك فإن الغبار وشعور الحيوانات كثيرًا ما يسبب لبعض الأشخاص أمراض حساسية .

بعض المخلفات المنزلية المراد التخلص منها لزوال الغرض من وجودها ، حينئذ يمكن اعتبارها من القمامة ، مثل هذه المخلفات قد تكون مواد ذات خطورة إما لأنها سامة أو كإوية أو ذات قابلية للتفاعل أو الاشتعال . كثير من هذه المخلفات تحتوي على مذيبيات من أصل بترولي . فالكثير من منازلنا يحتفظ بمجموعة من تلك المواد تحت حوض المطبخ أو الحمام أو في حجرة خاصة قد تكون بحديقة المنزل أو

بحجرة أسفل سلم المنزل ، وتشمل تلك المواد علب المبيدات ومواد تلميع المعادن والموييليا ومزيلات ومذيبات الدهانات . المذيبات العضوية وكذلك المنظفات الصناعية التى تستعمل بكثرة فى المنازل لتنظيف الأواني المنزلية ولغسيل الملابس وغير ذلك قد تحتوى على الكلور ، والكلور غاز سام ، وقد يتسبب عن تعرض الجلد والعيون لهذا الغاز تأثيرات مرضية ، لهذا وجب تداول هذه المنتجات بعناية. ومن المذيبات العضوية غير المحتوية على هالوجينات والتى تستخدم فى المنازل الميثانول والأسيتون .

من الأماكن المغلقة والتى يجب أن تتال عناية فائقة ضد التلوث ، المستشفيات ، وبصفة خاصة غرف العمليات والعناية المركزة والتى يجب أن تستبعد منها الملوثات بأنواعها المختلفة إستبعادا كليا . فبجانب وجوب الاهتمام بالنظافة التامة للمستشفى ككل ، يلزم تعقيم غرف العمليات والجراحين وهئية التمريض قبل دخولهم غرف العمليات . حديثا ظهر نوع جديد من التلوث لم يخطر على بال القائمين قديما ، هذا التلوث ينتج عن إستخدام بودرة خاصة تسهل لبس القفازات وخلعها . هذه البودرة إتضح أنها تلوث الجروح أثناء إجراء الجراحة وقد تتسبب فى حدوث التهابات وقد ينتج عنها لورم ، كما قد تؤخر إلتئام الجروح. وقد منعت بعض الدول إستخدام هذه الأنواع من القفازات واستبدلتها بأنواع أخرى يسهل لبسها وخلعها دون الحاجة إلى إستخدام بودرة .

التأثيرات الصحية الناتجة عن التلوث الداخلى قد تظهر سريعا على الأشخاص وقد تحتاج إلى سنوات من التعرض للملوث حتى تظهر آثارها وأضرارها . تشمل التأثيرات السريعة حدوث تهيج للعيون والأنوف والحناسر وإحساس بالتعب والإرهاق والصداع والدوار . كذلك فقد تظهر حساسية شديدة قد تكون فى صورة ربو ، وقد تكون بشكل عطس أو زكام أو كحة ، وقد تكون فى شكل أرتكاريا بالجلد . وكثيرا ما تختلط الأعراض السريعة مع الإصابات بالأنفلونزا وفيروساتها .

الأعراض المرضية للتلوثات الداخلية والتي قد تحتاج إلى تعرض للملوث لمدة طويلة حتى تبدأ ظهورها تشمل انتفاخ الرئة وغيرها من الأمراض التنفسية ، كما قد تشمل أمراض القلب والكبد والكلى والمرطمان ، ويتوقف ذلك على نوع الملوث وتركيزه وزمن التعريض .

إضافة إلى الملوثات الكيميائية الناتجة عن المواد المختلفة المستخدمة لدخل المكان المغلق ، والتلوثات الميكروبية الناتجة عن التزاحم في المبنى والتلوثات الإشعاعية التي قد تنتج عن بث غاز الرادون من بعض مواد بناء المبنى ، فإن التلوث الصوتي كثيرا ما يكون سبب إزعاج وإضرار بالمقيمين في المبنى وقد يمتد أثره لخارج المبنى . ينتج التلوث السمعي عند رفع درجة الأصوات الناتجة عن أجهزة الإستريو والراديو والتلفزيون. ومن التلوثات الداخلية الأخرى التلوث الكهرومغناطيسي الذي قد ينتج عن مختلف الأجهزة الكهربائية المنزلية .

كما يتأثر التلوث الداخلي بالتلوث العام الخارجي من خلال الفتحات المحدودة للأماكن المغلقة أو من خلال أجهزة للتكييف ، فإن الملوثات الداخلية تمثل ضغوطا على التلوث العام الخارجي ، وخاصة أن تركيز الملوثات في الأماكن المغلقة يكون غالبا أعلى من تركيزاتها في الأماكن المكشوفة . فالغازات الناتجة عن التدفئة والطهي والرش بالمبيدات في الداخل إضافة إلى إحدائها تلوث مركز داخلي فإنها تساهم أيضا في التلوث العام الخارجي .

المخلفات السائلة وهي المياه المستخدمة في التنظيف والغسيل والاستحمام وفي دورات المياه ، وبما تحتويه من صابون ومنظفات صناعية ومطهرات ونواتج نشاط آدمي من بول وبراز ، ومما قد تحتويه من ميكروبات ممرضة ، تنتهي بطريق أو بآخر إلى مجارى مائية سواء عن طريق الصرف المباشر خلال شبكة صرف عمومية أو بالصرف غير المباشر عن طريق الرشح في الماء الأرضي.

كذلك فإن المخلفات الصلبة للمنازل وغيرها من الأماكن المزدحمة والتي تمتلئ القمامة ، تنتهي إلى الخارج لتلوث الأرض والماء والهواء لمدد قد تطول ، خاصة أن الكثير من مكونات القمامة بطينة التحلل .

مصادر التلوث البيئي

صحب التقدم العلمى والتكنولوجى ظهور العديد من المركبات الكيميائية الضارة بالصحة والمؤثرة على العديد من الأحياء المتعرضين لها. فمع التوسع فى استخدامات الوقود الحفرى غير المتجدد؛ من فحم وبترول وغازات طبيعية، ووقود بيولوجى متجدد؛ من أحطاب ومخلفات زراعية نباتية وحيوانية، إنتشرت فى البيئة التى نعيش فيها العديد من الغازات الناتجة عن إحتراق الوقود التى شملت أكاسيد كربونية وأخرى نيتروجينية وغازات كبريتية. كما أدى الاحتراق غير الكامل للوقود إلى تصاعد مركبات هيدروكربونية وكربون فى صورة هباب وإلى ترسيب مركبات بترولية سائلة وصلبة فى صور زفت وقطران. فتتج عن كل ذلك تلوث كبير للهواء الجوى والمياه والتربة.

مع التقدم الكبير فى الصناعات الكيميائية وإكتشاف الصناعات البلاستيكية ظهرت الآلاف من المركبات الكيميائية التى دخل البعض منها فى الصناعات الدوائية، والبعض فى تركيب العديد من مبيدات الآفات الزراعية والمنزلية، كما دخل البعض الآخر فى صناعة المنسوجات والسجاد وصبغاتها، والبعض فى صناعة البويات والأسمدة الزراعية ومختلف الأدوات المنزلية، وفى الصناعات الإلكترونية والسيراميك بمنتجاته المتعددة. ومن الكيماويات الحديثة عرفت المنظفات الصناعية المتعددة الأغراض، فمنها ما يختص بغسيل الملابس، ومنها ما هو خاص بغسيل الأطباق وأدوات الأكل والطهى، ومنها ما يزيل البقع ومنها ما يزيل الألوان، ومنها ما يستخدم فى إزالة دهانات التجميل من أحمر شفاه إلى دهانات أظافر النساء. ومن الكيماويات ما يستخدم فى أجهزة التبريد والتكييف وما يستخدم كغازات ضاغطة فى الأيروسولات للمساعدة فى رش المبيدات، وفى دهان السيارات والجدران، وفى بث روائح زكية فى الجو. كل تلك المكتشفات وغيرها وجدت طريقها إلى البيئة التى نعيشها ويشاركنا فيها كافة مخلوقات الله من أحياء.

ولا ننسى من الملوثات ، تلك المنتجة للأغراض الحربية بين الإنسان ولخيه الإنسان ، فبعد أن إكتشف البارود وإستخدم سلمياً فى نسف الصخور ، إستخدم بعد ذلك حربياً فى إنتاج الطلقات النارية والقنابل والمفرقات. ومن الكيماويات التى إستخدمها الإنسان فى حروبه ، غازات سامة تقتك بالجيوش المحاربة كما تقتك غيرها من غير المحاربين . وأخيراً كان إكتشاف القوى المدمرة الكبيرة الناتجة عن الإنشطار الذرى والأخرى الأكثر تدميراً والناتجة عن الإنتماج النووى ، فكان التلوث الشديد الخطورة البعيد الأثر الطويل الأمد . صحيح أنه لم تلق تلك القنابل الفناكة حربياً إلا مرتين قبيل نهاية الحرب العالمية الثانية ؛ الأولى على هيروشيما والثانية على ناجازاكي باليابان ، إلا أن المخزون منها لدى بعض دول العالم يقدر بالمئات ، وإن القوى التدميرية لأى من تلك القنابل المخزنة يفوق كثيراً قوى كل من القنبلتين اللتين ألقيتا على اليابان . تتسبب الانفجارات الذرية والنووية سواء سلمياً أو حربياً فى حدوث تلوث إشعاعى قامت منه البشرية ، وظهرت آثاره على من نجا من قنبلتى هيروشيما وناجازاكي ، ومن بعض المفاعلات النووية السلمية الذى حدث منها تسرب كما فى مفاعل تشرنوبيل بأوكرانيا.

وعموماً يمكن تقسيم مصادر التلوث الذى يصيب الهواء والماء والأرض إلى مصادر متحركة ومصادر ثابتة. المصادر المتحركة تشمل السيارات والأوتوبيسات والدراجات البخارية ووسائل النقل الثقيل والقطار والطائرات والصواريخ وسفن الفضاء والبواخر وناقلات البترول. ويرجع تلوث المصادر المتحركة إلى حرق الوقود وما يحتويه عادمها من غازات كربونية وكبريتية ونيتروجينية ومواد هيدروكربونية طيارة ورصاص. أما مصادر التلوث غير المتحركة فتشمل المصانع ومحطات توليد الكهرباء والمباني التجارية والورش والمساكن ، وترجع ملوثاتها إلى الجمع بين منتجات حرق الوقود ومخلفات صناعية أخرى.

رغم أن وسائل النقل الميكانيكية التي تصنع حالياً قد أُجريت عليها تحسينات كبيرة وعلى ما تبثه من غازات ملوثة بالجو، فقد تصنعت عمليات إحراق الوقود وزادت كفاءته وقل ما تبثه من ملوثات بما يعادل 60% إلى 80% عن مثيلاتها التي صنعت عام 1960، إلا أنه نظراً للزيادة الكبيرة في أعدادها وفي زيادة مدد تشغيلها فإنها تعتبر مسؤولة عن حوالي 50% من المركبات الكربونية العضوية الطيارة وأكاسيد النيتروجين المنتجة للأوزون وحوالي 90% من غاز أول أكسيد الكربون المبت في جو المدن .

ما ذكرناه يمثل أهم مصادر التلوث البيئي، والتي ساهمت مع غيرها في بعض الظواهر العامة ، تذكر منها التأثير الصوبي والذي يعتقد الكثير بأنه سوف يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو مع ما يتسبب عن ذلك من إساءة لجلال الجليد في القطبين، وبالتالي سوف يتسبب في ارتفاع مستوى مياه البحار والمحيطات ، مما سوف ينتج عنه من غرق للمواحل والمدن الساحلية . ومن الظواهر التي حدثت نتيجة للتلوث تكون ثقب الأوزون في طبقات الجو العليا، وما تبع ذلك من أثار ضارة على الأحياء ، من ذلك إنتشار مرض سرطان الجلد وإصابة العيون بالمياه البيضاء . والظاهرة الثالثة التي نتجت عن التلوث ظاهرة تساقط الأمطار الحامضية والتي أدت إلى حموضة بعض البحيرات مؤثرة على الأحياء المائية، كما تسببت في الإضرار بالمزروعات والغابات، كما أضرت بالمباني والتماثيل والآثار فشوهت من مظهرها وقللت من أعمارها .

بجانب التلوثات الكيميائية والإشعاعية إنتشرت تلوثات أخرى نتجت عن الإختراعات والتقنيات الحديثة فظهر التلوث السمعي الناتج عن الأصوات المرتفعة الضارة بالصحة الجسمية والنفسية وللناجمة عن إستخدام أجهزة تكبير الصوت والتي تستخدم في الأفراح والأتراس والآلات الموسيقية الصاخبة وأجهزة تكبير الصخور

والأسفلت ، واستخدام ابواق السيارات دون داع ، بالإضافة إلى الأصوات الناتجة عن الطائرات النفاثة والأخرى التي تخترق حاجز الصوت .

إضافة إلى التلوثات السابقة ، نذكر التلوثات البيولوجية ، وهي ناتجة عن وجود وتكاثر كائنات حية غريبة تنتشر في الأوساط المختلفة محدثة تأثيرات ضارة بصحة الإنسان وغيره من الكائنات المتوطنة طبيعياً في تلك الأوساط ، وقد تحدث أمراضاً أو تفرز سموماً أو تسبب في حدوث خلل في التوازن الطبيعي للأحياء أو تنافساً في الحصول على مصادر الغذاء ، وغير ذلك من المضايقات.

عموماً فإن معظم التلوثات تنتج عن حرق الوقود واستخدام المبيدات وتوزيع القمامة والصرف الصناعي والصرف الزراعي والصرف الصحي ، مما سيأتي تفسيره.

حرق الوقود

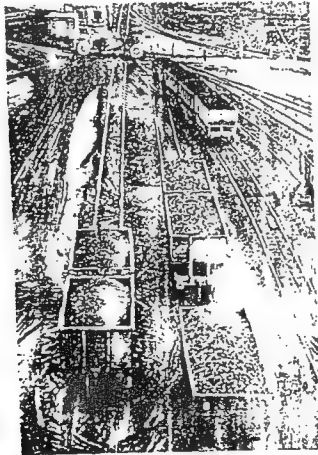
ما نستخدمه عادة كوقود هو وقود بيولوجى ، إما أن يكون حفرياً أو متجدداً. كافة أنواع الوقود البيولوجى ذات أصل عضوى ، سواء كان الأصل نباتياً أو كان حيوانياً. تحتوى كافة المواد العضوية على عناصر ثلاثة ؛ الكربون والهيدروجين والأكسجين. وبعض المواد العضوية يوجد بها بجانب تلك العناصر الثلاثة عناصر أخرى أهمها النتروجين والكبريت.

الوقود الحفرى هو ناتج أحياء نباتية أو حيوانية سادت فى عصور جيولوجية قديمة، ثم طمرت فى باطن الأرض بفعل عوامل طبيعية كالزلازل أو حدوث إنخفاضات أو ثورة براكين، أو كانت تلك الأحياء فى مياه عميقة ثم ردمت بفعل العوامل الطبيعية. فى جميع تلك الأحوال حدثت للأحياء المطمورة تحلل بيولوجى بفعل كائنات دقيقة ، ثم تعرضت لضغوط شديدة ودرجات حرارة مرتفعة أدت بمرور الزمن إلى حدوث تغييرات جوهرية وعمليات كيميائية إختزالية، ففقدت كثيراً من محتواها الأكسوجينى وأصبحت تتكون أساساً من عنصرى الكربون والهيدروجين فتكون عن ذلك البترول والغازات الطبيعية وهى من المركبات الهيدروكربونية. وفى حالات أخرى فقدت المادة العضوية معظم ما بها من أكسوجين وهيدروجين وأصبحت تتكون أساساً من الكربون ونتج عن ذلك الفحم (شكل 18) .

جميع المواد العضوية المحجوزة فى ترسيبات بالأرض هى أصلاً مواد صلبة ، القليل منها تحول إلى الحالة السائلة أو الغازية مع الإرتفاع المناسب لدرجات الحرارة التى عرضت لها ، والكميات الصلبة التى تبقّت وتعرضت لدرجات حرارة أعلى من السابق وضغوط أكبر تحولت إلى صخور زيتية oil shales .

كان المعتقد حتى عهد قريب أنه قبل حوالى 570 مليون سنة أى قبل الحقبة الكمبرية cambrian period لم يكن للبترول أو غازات البترول وجود ، ولكن ثبت من بعض الصخور الحاملة للبترول أنها تكونت بكميات قليلة فى الحقبة الأولى proterozoic period منذ 1000 مليون إلى 2500 مليون سنة .

يعتبر الوقود الحفرى وقودا نافدا إذ أن ما يستهلك منه لا يعوض ويحتاج تجديده إلى ملايين السنين ، أما الوقود البيولوجى المتجدد فهو الوقود الناتج عن إستخدام أحطاب النباتات أو المواد العضوية الناتجة عن الحيوانات ، كما تشمل السوائل والغازات القابلة للإشتعال والناتجة عن تحلل الأحياء الحاليين ، كغازات الكحول والبيوجاز .



شكل 18 : نقل الفحم من المناجم بالقطارات

الفحم

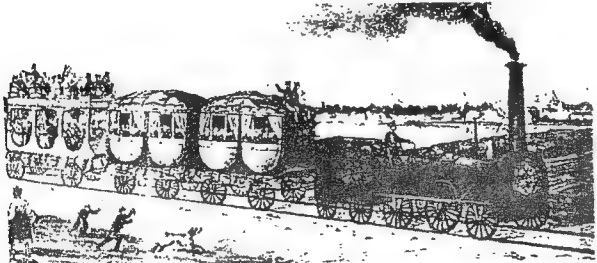
الفحم هو أول وقود حفري إستخدم على نطاق تجارى ، فقد كان مصدر الطاقة التى إستخدمت عند قيام الثورة الصناعية فى أوائل القرن الثامن عشر بإنجلترا . يمثل الفحم أكبر مخزون لوقود حفري ، حيث يقدر المخزون الحالى منه فى باطن الأرض بحوالى 13800 بليون طن ؛ 43% منها فى دول الإتحاد السوفيتى السابق و 29% فى أمريكا الشمالية و 14.5% منها فى دول آسيا الأخرى و 5.5% منها فى أوروبا ، والباقي وقدره 8% موزع فى باقى دول العالم . مخزون الفحم العالمى أكبر بكثير من المخزون الإحتياطى للبترول عالميا ، لذلك فإنه من المتوقع أن يكون الفحم آخر طاقة حفرية تستخدم على نطاق واسع على وجه الأرض . ومن المقرر الإنتهاء من مخزون الفحم فى باطن الأرض خلال القرن الثلاثين ، أى بعد ألف عام من الآن.

كان الفحم يمثل 80% من الطاقة المستخدمة حتى عام 1920 (شكل 19). ويظهر البترول والغاز الطبيعى قلت معدلات إستهلاك الفحم ، ولكنه إستمر حتى عام 1965 المصدر الأول للوقود فى العالم ، بعدها حلت الميادة للبترول ومنتجاته فى سوق الوقود ، غير أنه منذ عام 1980 إتضح أهمية الطاقة النووية التى بدأت تحل جزئيا محل البترول وخاصة فى محطات توليد الكهرباء . حاليا يستهلك من الفحم على مستوى العالم ما يعادل 29% من مجمل الإستهلاك العالمى من الطاقة الأولية * ، وبذلك يعتبر الفحم المصدر الثانى فى الوقود المستهلك بعد البترول الذى يقدر الإستهلاك العالمى منه حوالى 38% من الطاقة المستخدمة . وتعتبر الصين أكبر مستخرج للفحم ، فمنها يستخرج 20% من الفحم المستخدم عالميا ، يليها فى ذلك الولايات الأمريكية التى تستخرج 18% ثم وسط أوروبا بنفس النسبة ، ثم دول الإتحاد السوفيتى السابق والى تستخرج حوالى 15% من المستخرج عالميا .

* الطاقة الأولية هى الطاقة التى لا تتولد عن طاقة أخرى ، فطاقة الكهرباء التى تنتج عن وجود الفحم أو البترول ليس طاقة أولية بل هى طاقة ثانوية .

الفحم مادة صلبة لونها بنى داكن إلى أسود ، تتكون أساسا من كربون غير بلورى مختلط بمواد عضوية وغير عضوية . تكون الفحم ، من نباتات وطحالب كانت موجودة من ملايين السنين ، بالترسيب والتحليل تحت ظروف لا هوائية .

بالنقطير الإتلافى للفحم وذلك بتعريضه لدرجات حرارية مرتفعة فى جو خالى من الأكسجين يمكن الحصول على غاز الفحم coal gas وقار الفحم coal tar ، والأخير سائل أسود لزج يستخدم كمادة خام فى كثير من الصبغات والدهانات والأدوية كمادة عازلة للرطوبة فى المباني . ويستخدم غاز الفحم فى الإضاءة ، ويعرف بغاز الاستصباح ، والذي يحتوى على 50% إيدروجين و 30% ميثان ، وهو غاز سام نظرا لإحتوائه أيضا على أول إكسيد الكربون . يتبقى عن التقطير الإتلافى للفحم ، فحم الكوك coke الذى يحتوى على 80% كربون ، ويستخدم كوقود غير مدخن ، كما يستخدم صناعيا فى تنقية كثير من المعادن مثل النيكل والصلب والألومنيوم ، من خاماتها . يمكن الحصول على فحم الكوك أيضا من البترول بتقطيره إتلافيا . يستخدم فحم الكوك فى صناعة الجرافيت بخلطه بمسحوق الرمل وسحقهما معا ، كما يستخدم فى صناعة حجر الجلخ وحجر البطارية والورق المصنفر .



شكل 19 : القطارات الأولى كانت تسير بالفحم

يوجد الفحم فى الطبيعة ، فى طبقات رسوبية أفقية يختلف سمكها من بضعة سنتيمترات إلى عدة أمتار ، أو يوجد فى عروق تمتد رأسيا أو بميل إلى أسفل وسط صخور رسوبية . يتكون معظم الفحم من أخشاب وأوراق وجذور نبات غابات سرخسية كثيفة كانت نامية فى أرض مستنقعات فى حواف القارات وبعضها إمتد إلى داخل القارات . تحللت تلك النباتات بفعل كائنات دقيقة وتحولت إلى كتلة جيلاتينية من الدبال.

بدأ تكوين الفحم فى العصر الديفونى Devonian period ومعظمه تكون فى العصر الكربونى Carboniferous period منذ حوالى 300 مليون سنة ، فى شمال أمريكا وأوربا وآسيا حيث كان الجو دافئا والأمطار غزيرة مما ساعد على تكوين المستنقعات على نطاق واسع . عند إرتفاع مياه البحر ، وكان ذلك يحدث على فترات طويلة ، تموت أشجار الغابات الساحلية بفعل ملوحة مياه البحر ، وعندما تتراجع المياه أو يرتفع سطح أراضى الغابات السابقة بترسيب أراضى أخرى عليها تظهر نموات نباتية جديدة وتنشأ غابات أخرى فوق بقايا الغابات السابقة المتحللة بفعل البكتيريا والفطريات والطحالب النامية عليها ، وينشأ عن ذلك تكوين الدبال peat ، والذي يظهر فى شكل طبقة إسفنجية بنية داكنة إلى سوداء. تحت ضغوط التربة والرمال فوقها ينضغط الدبال متحولا إلى رقائق مضغوطة تعرف بالخشب المتفحم lignite . يحتوى الخشب المتفحم على معدلات عالية من الشوائب وتقدر طاقته الحرارية بحوالى 1900 إلى 5000 سعر/ جرام . وبمرور الزمن وإزدياد الضغوط المعرضة له يفقد الخشب المتفحم ماء أكثر ويزداد إبتضاظه كما يفقد كثيرا من مواده الطيارة ويتحول لونه إلى الأسود ، وقد يكون لامعا لدرجة ما ويصبح فحما ويصل حجمه إلى حوالى 7% من الحجم الأصلى للنباتات .

يعتبر الخشب المتفحم أردأ أنواع الفحم ، يليه فى الأفضلية الفحم البيتومينى bituminous coal ، ويتراوح محتواه من الشوائب من 10% إلى 45% ، ويعطى

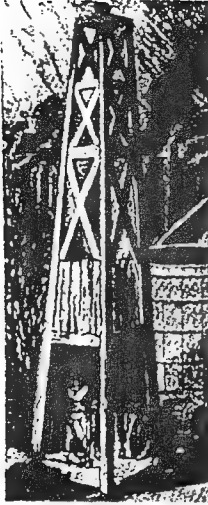
عند إشتماله طاقة حرارية تتراوح ما بين 6500 إلى 7000 سعر/ جرام . أجود أنواع الفحم هو فحم الأنثراسيت anthracite coal ، إذ أنه الأقل شوائباً ، وبالتالي الأقل تلويثاً للجو ، ويعطى عند إحتراقه 7500 إلى 7800 سعر/ جرام .

معظم الإستخدامات الحالية للفحم تتم لتشغيل محطات القوى الكهربائية التي تعمل بالحرارة ، حيث تستهلك حوالي 50% من الفحم المستخرج عالمياً ، يليها في ذلك مصانع الحديد التي تستهلك حوالي 20% من الفحم المستخرج .

يعتبر الفحم أكبر ملوث للجو عند إستخدامه للحصول على طاقة للعمل أو للتدفئة. وقد قدر أنه لإنتاج طاقة كهربائية قدرها مليون كيلووات / ساعة من محطة توليد كهرباء تحصل على طاقتها من الفحم ، فإن تلك المحطة سوف تبث في الجو 6 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً ، تحتاج للتخلص منها إلى غابة مساحتها 600 كيلو متر مربع (60 ألف هكتار) ، وبجانب غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتصاعد عند إحتراق الفحم فإن ما به من شوائب تؤدي إلى تصاعد أكاسيد الكبريت والفنروجين . ويمكن تخفيض التلوث الناتج عن حرق الفحم بحرقه بحجر الجير الذي يتفاعل مع ثاني أكسيد الكبريت متحولاً إلى جبس ($CaSO_4$) ، وتعتبر هذه العملية مكلفة إذا ما قورنت بعمل المدخن شديدة الإرتفاع والإعتماد على الرياح في توزيع الغازات الناتجة. ولكن يجب أن لا ننسى أيضاً الأضرار الناتجة عن إنتقال الملوثات بفعل الرياح إلى أماكن بعيدة عن مصادر حرق الوقود.

تمت محاولات لإسالة الفحم وذلك عن طريق هدرجه لتحويله إلى منتج شبيه بالمنتجات البترولية الصائلة . كذلك توجد محاولات أخرى لتحويل الفحم إلى غاز يستخدم كوقود عن طريق الهدرجة مثل غاز الميثان (CH_4) . وقد جرت في الإتحاد السوفيتي السابق محاولات ناجحة لذلك داخل مناجم الفحم وذلك بحقن المنجم ببخار الماء المضغوط عن طريق أنبوبة معدنية ثم يحصل على الغازات الناتجة عن تفاعل بخار الماء مع الفحم محملة بأول أكسيد الكربون والهيدروجين.

البترول



شكل 20 : أول حفار بترولى

عرف البترول في الشرق منذ أزمنة بعيدة ، فقد كان يرشح من الأرض أو يتدفق في صورة نافورات ويتجمع في بعض الأماكن المنخفضة مكونا بركا من سائل أسود زيتى القوام ، كرىه الرائحة . قابل للإشتعال . إستخدم المصريون القدماء النفط الخام فى التحنيط وفى بناء المعابد ، كما إستخدم طبيا فى علاج الروماتيزم وبعض الأمراض الجلدية كالجرب والبرص . وإستخدم النفط المشتعل حريبا لمحاولة فك حصار العرب للقسطنطينية سنة 673 ، وإستخدمه المصريون سنة 1250 ضد الفرنسيين فى موقعة البحر الصغير .

أول محاولة لإستخراج البترول من باطن الأرض تم فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1859 حين أقام إدوين دريك Edwin Drake أول حفار بدائية خشبية ببينسلفانيا وتجر منها البترول من عمق 23 متر ، وكان إنتاجها اليومى حوالى 1700 لتر يوميا (شكل 20) .

بدأت نشأة البترول على الأرض منذ ملايين السنين ، وقد حدث ذلك فى أراضى كانت مغمورة بالمياه حيث كانت تترسب عليها بقايا أحياء حيوانية ونباتية بعد موتها ، ثم تتحلل بفعل كائنات دقيقة ، وتتراكم بعضها فوق بعض ، كما تترسب فوقها

طبقات من الصخور الرسوبية . وتحت تأثير الضغوط الشديدة ودرجات الحرارة المرتفعة تتصنف المواد العضوية وتنفذ كثيرا من مائها وتختزن متحولة إلى مولا أخرى ، تتكون معظمها من عنصرى الكربون والهيدروجين وبعض الشوائب الأخرى .

وحاليا يعتبر البترول الخام المصدر الأول للطاقة على مستوى العالم ، كما أنه يعتبر أقوى صناعة عالمية ، فقد قدر الإستهلاك العالمى منه سنة 1987 بحوالى 3 بليون طن ، وهذا القدر يمثل 38% من الإستهلاك الأولى للطاقة فى العالم . معظم البترول المستخدم عالميا يستخرج من منطقة الشرق الأوسط ؛ بما يعادل 24% من المستخرج العالمى ، يليها فى ذلك دول الإتحاد السوفيتى السابق ؛ بما يعادل 21% ، ثم أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية بقيمة 18% و 11% على التوالى .

وقد تسببت الأزمات الاقتصادية الناتجة عن إرتفاع أسعار البترول عقب حرب السويس سنة 1973 إلى حفز الدول الصناعية نحو العن على تنويع مصادر الطاقة والحد من الإعتماد على البترول كمصدر رئيسى للطاقة . كان من نتائج ذلك ، العمل على تقليل إستهلاك السيارات للبترول بتقليل أوزانها وتحسين أداء محركاتها ، وقد نتج عن ذلك إنخفاض معدل إستهلاك السيارة من البترول من 20 لتر لكل 100 كيلومتر سنة 1970 إلى 8 لتر لكل 100 كيلومتر سنة 1990 ، ولا زال التحسين مستمرا ، ومن المتوقع الوصول إلى سيارات تستهلك 3 لتر فقط لكل مائة كيلومتر .

تعتبر وسائل النقل الحديثة أهم مصادر التلوث بالمدن ، ذلك أن معدل ما تنبئه سيارة خاصة متوسطة أثناء سيرها حوالى 60 مترا مكعبا من العوادم فى الساعة الواحدة ، وأن كل لتر واحد من البنزين تستهلكه السيارة ينتج عنه بث حوالى 2.3 كيلوجراما من غاز ثنائى أكسيد الكربون فى الجو . وتقدر أعداد السيارات التى تجرى فى شوارع العالم اليوم بحوالى 500 مليون سيارة ؛ 75% منها تسير داخل المدن .

وإن 95% من وسائل النقل تستخدم منتجات البترول كوقود ، فالسيارات تمون معظمها بالبنزين أو السولار ، والطائرات النفثة تستخدم الكيروسين ، ومعظم الأساطيل البحرية وقودها من المازوت . وحاليا يوجد إتجاه للإستفادة من الغاز الطبيعي فى تسيير السيارات . وفى البرازيل يوجد إتجاه لإستخدام كحول الأيثايل كمصدر للطاقة . ومنذ عام 1990 بدأ تسويق سيارات تعمل بالكهرباء فى اليابان وفرنسا وأمريكا الشمالية . وبعض الشركات تجرى الدراسات لإستخدام غاز الأيدروجين كوقود سيارات .

يوجد البترول عادة ، فى طبقات عميقة تصل إلى عدة آلاف من الأمتار تحت سطح الأرض وأحيانا تحت قاع البحار فى المناطق الساحلية . يستخرج البترول بواسطة حفارات عملاقة فى صورة سائل لزج أسود اللون ، ثم تجرى عليه عمليات التنقية والتقطير للحصول على العديد من المنتجات الغازية والسائلة والصلبة . من الغازات الناتجة طبيعيا وتكون مصاحبة لزيوت البترول ، غازات الميثان (CH_4) والإيثان (C_2H_6) والبروبان (C_3H_8) والبيوتان (C_4H_{10}) . يسيل البروبان والبيوتان ويعبأ فى أنابيب البوتاجاز ويستخدمان كوقود فى المنازل وأحيانا كوقود للأوتوبيسات والسيارات .

من غاز الميثان يمكن الحصول على غاز الأيدروجين (H_2) ، الذى يتوقع له مستقبل كبير كوقود نظيف ينتج عن إجترافه تكون بخار ماء .



كذلك يمكن الحصول على غاز النشادر (NH_3) بتفاعل الأيدروجين مع النيتروجين الجوى .



ومن الميثان أيضا يمكن الحصول على كحول الميثايل المعروف بالميثانول ($CH_3 OH$) المذيب العضوى ، وعلى الفورمالدهيد ($HCHO$) المستخدم كمادة

مطهرة وحافظة ، كما يدخل في الصناعات البلاستيكية . كذلك يمكن الحصول على غاز الاسيتيلين (C_2H_2) من الميثان ، ويدخل الميثان وكذلك الاسيتيلين في صناعة كثير من اللدائن والمنسوجات الصناعية .

من غاز الإيثان يصنع رابع إيثيل الرصاص الذي يضاف إلى البنزين لإصلاح خواصه ، وإليه يرجع التلوث الكبير بالرصاص في جو المدن المزدهمة بالسيارات.

تنتج غازات أخرى تصحب عمليات التقطير الإتلافي لزيت البترول منها الإيثيلين (C_2H_4) والبروبيلين والبيوتيلين ، وقد أمكن الاستفادة منها في كثير من الصناعات البتروكيميائية ، ومن المركبات الأخرى التي تنتج عن تقطير البترول للبنزين العطري والمستروين والفينول والنتروبنزين والتولوين .

ومن المنتجات السائلة للتقطير الإتلافي لزيت البترول ، الجازولين والمعروف بالبنزين والكروسين وزيت الديزل والسولار والمازوت . يعتبر الجازولين الوقود الأمثل للسيارات والطائرات . ونظرا لإزدياد الطلب عليه فقد ضعف إنتاجه عن طريق التكسير الحراري للكروسين . يستخدم الكيروسين في الطهي والإضاءة ، كما يستخدم في التنظيف لإزالة الشحوم والدهون .

زيت الديزل يستخدم كوقود لمحركات الديزل ، وهي المحركات التي تمتاز بقدرتها على الاشتعال الذاتي عند ارتفاع درجة الحرارة ، بفعل ضغط الهواء ، دون إحداث شرارة .

يستخدم السولار كوقود لكثير من القاطرات والآلات الزراعية والأفران والمكابس بعد أن حل محل الفحم . أما المازوت فيستخدم في تسير الجرارات وبعض أنواع السيارات ، كما يستخدم في أفران صهر الحديد مع الهواء الساخن ، حيث يقوم برفع درجة حرارة الإتصهار وإختزال الأكسجين .

بعض منتجات البترول كثيفة القوام شديدة اللزوجة سوداء اللون ، قد تصل إلى الصلابة ، من ذلك القار (البيتومين) الذى يستخدم كمادة عازلة للمياه والصوت والحرارة ، وقد استخدمه المصريون القدماء فى التحنيط وفى رصف الطرق .

ما ذكرناه هو عدد ضئيل جداً من منتجات الصناعات البتروكيميائية وجميعها مطلوبة لأغراض خاصة تختلف من منتج إلى آخر ، وهى أيضاً إضافات كبيرة للبيئة لا تخلو من أضرار بها رغم فوائدها والحاجة إليها .

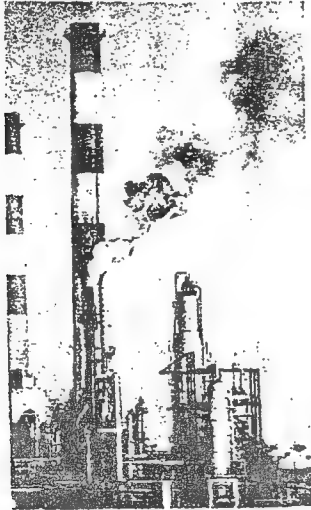
الغاز الطبيعى

تشابه نشأة الغاز الطبيعى مع نشأة البترول ، فكلاهما نشأ عن ترسيب وتحلل كائنات حية مائية فى جو خال من الأكسجين ، لهذا كان البترول والغازات الطبيعية متلازمين ، فالبتترول يمثل المكون السائل للتحلل والغازات الطبيعية تمثل المكونات الطيارة . الغازات الطبيعية وبخاصة غاز الميثان هى أصغر وأخف المكونات الهيدروكربونية . قد توجد هذه الغازات بكميات صغيرة ذائبة فى الزيت الخام ، وقد توجد بكميات كبيرة فوق تجمع بترولى ، أو قد توجد فى تجمع مستقل قريباً من بئر بترولى .

يتكون الغاز الطبيعى أساساً من غازى الميثان وأول أكسيد الكربون ومعهما آثار من كبريتيد الإيدروجين . وعند الإحتراق التام يتحول غاز الميثان إلى ثانى أكسيد الكربون وماء ، ويتحول أول أكسيد كربون إلى ثانى أكسيد الكربون .



تكمّن الخطورة من الغاز الطبيعي عند تسربه دون إحتراق نظرا للسمية الشديدة لغاز أول أكسيد الكربون . ونظرا لوجود الغاز الطبيعي عادة مرافقا للبترول الخام ، فقد كانت نسبة كبيرة من هذا الغاز يعاد حقنها في حقول البترول أو تشعل ، لهذا كنا كثيرا ما نرى المشاعل العظيمة تتير الصحراء فى مناطق البترول بدول الخليج (شكل 21) .



شكل 21 : الغاز الطبيعي يشعل عند خروجه فى أحد حقول البترول

يعتبر الغاز الطبيعي أقل الطاقات الحفريّة إستهلاكاً ، فيقدر ما يستهلك منها عالمياً بحوالى 23 % من جملة المستهلك العالمى من الوقود الحفري ، مقابل 43 % من البترول و 34 % من الفحم . وقد زاد المستهلك من الغاز كثيراً خلال النصف الأخير من القرن الحالى ، فقد كان الإستهلاك منه سنة 1950 يمثل 9 % من إستهلاك الوقود الحفري ، زاد إلى حوالى 19 % سنة 1973 . كان إستهلاك الغاز الطبيعى حتى عهد قريب منحصراً فى دول الشمال الصناعية و التى كانت تستهلك حوالى 93 % من إنتاجه سنة 1950 ثم تناقص المعدل إلى 70 % سنة 1973 ثم إلى 67 % سنة 1987 وذلك لدخول الدول النامية فى دائرة الاهتمام بالغاز الطبيعى. فبعد أن كانت الدول النامية تستهلك 2 % فقط من إنتاج الغاز الطبيعى سنة 1950 أصبحت تستهلك 14 % سنة 1987 .

ساعد على زيادة معدلات إستخدام الغاز الطبيعى إمكانية نقله لمسافات طويلة تزيد عن ستة آلاف كيلومتر ، عبر أنابيب أرضية ذات ضغط عالى . كما أن الطرق الحديثة لإسالة الغاز وإعادته ثانية إلى الحالة الغازية سهلت من إمكانية النقل إلى مسافات أبعد من ذلك . إضافة إلى ذلك فإن الغاز الطبيعى يعتبر أقل أنواع الوقود الحفري تلويثاً للبيئة . وحالياً جرى توسع كبير فى إستخدام الغاز الطبيعى بالمنازل عبر شبكة أنابيب بكثير من مدن العالم النامى ، كما يتوسع أيضاً فى إستخدام الغاز الطبيعى فى تسيير السيارات .

الوقود البيولوجى المتجدد

قبل التوسع فى إستخدام الطاقات الحفريّة كانت مصادر الطاقة الرئيسية التى إستخدامها الإنسان تتمثل فى الطاقات البيولوجية الناتجة عن مصادر نباتية وحيوانية متنوعة ، تشمل الأحطاب والأخشاب ومخلفات الحيوان ، إضافة إلى طاقة عمل الإنسان والحيوانات المستأنسة . وفى عام 1870 كانت الطاقات البيولوجية المتجددة تمثل 68 % من مجمل الطاقات المستخدمة ، وقرب نهاية القرن التاسع عشر كانت

تلك الطاقات البيولوجية المتجددة تتعادل فى إستخداماتها مع مجمل الطاقات غير المتجددة المستخدمة والتي كان معظمها من الفحم . ومن ذلك الوقت بدأت الطاقات غير المتجددة تنزاد فى معدلات إستخداماتها سريعا ، فى حين بدأت الطاقات المتجددة فى التناقص .

تعتبر الأحطاب والأخشاب الوقود الأول الذى عرفه الإنسان ، وكانت تلك المعرفة مرتبطة باكتشافه للنار ، ويعتبر ذلك أيضا هو بداية الإنسان فى تلوينه للبيئة ، إلا أن قلة أعداد الإنسان وقدره البينة على تنظيف نفسها لم تشعر الإنسان بأية أضرار ناتجة عن ذلك . الأحطاب هى كافة المخلفات النباتية من سيقان وأوراق وبقايا ثمار بعد جمع المحصول ، لما الأخشاب فإنها تتكون من سيقان وأفرع أشجار معمرة بعد إزالة القلف الخارجى ، وعادة تستخدم الأحطاب والأخشاب الرديئة النوعية والأفرع النحيلة للأشجار الخشبية ومخلفات صناعة الأخشاب كوقود .

بالنسبة للمخلفات الحيوانية نجد أن روث الحيوانات يشيع إستخدامه وقودا بعد تجفيفه فى الهواء ، فى الدول الفقيرة وخاصة فى المناطق الريفية ، خاصة أن الماشية والأغنام حيوانات أكلة أعشاب وروثها يحتوى على أجزاء غير مهضومة من غذائها النباتى .

المخلفات العضوية النباتية والحيوانية والتي تنتج عن مخلفات الغذاء المنزلى ومخلفات المطاعم ونواتج تقليم الأشجار والمخلفات المزرعية والتي تتجمع ككمامة للمدن والقرى يمكن تخميرها لا هوائيا والحصول منها على غازات قابلة للاشتعال وتعرف بالبيوجاز biogas وتستخدم كوقود متجدد . كما يمكن تحويل الأحطاب والأخشاب غير المطلوبة فى الصناعة إلى فحم نباتى charcoal وذلك بحرقها فى غياب الهواء .

جميع مصادر الطاقات البيولوجية حفرية أو بيولوجية متجددة ، تعطى عند إحتراقها غازات تؤثر تأثيرا ضارا على البيئة ، إضافة إلى أن مصادر الطاقات الحفرية محدودة الوجود وغير متجددة ، لهذا وجب التفكير فى طاقات أخرى بديلة ونظيفة تحل محل الطاقات البيولوجية ولا تضر بالبيئة ، نذكر فيما يلى بعضا منها .

الطاقة الشمسية المباشرة : تمكن العلماء من الإستفادة من حرارة الشمس بعد تركيزها بإستخدام العدسات أو المرايا ، واستخدمت تلك الحرارة فى تسخين المياه والطهى والتدفئة ، وقد أمكن تحويل الحرارة الشمسية إلى طاقة كهربائية وأبسط الطرق لذلك هى إستخدام حرارة الشمس فى تسخين الماء لدرجة الغليان ثم تمرير بخار ماء فى مولدات للكهرباء للحصول على كهرباء يمكن الإستفادة منها فى الإضاءة وتشغيل الأجهزة الكهربائية . وقد أمكن حاليا صناعة بطاريات من خلايا كهروضوئية photoelectric cells تستخدم فى تشغيل الحاسبات الإلكترونية وفى إمداد الأقمار الصناعية وسفن ومحطات الفضاء بحاجتها من الكهرباء .

الطاقة الحرارية الجوفية : من المعروف أنه كلما تعمقنا فى باطن الأرض كلما ارتفعت درجة الحرارة . وتقدر هذه الزيادة الحرارية بدرجة واحدة مئوية لكل 30 إلى 35 متر عمق . هذه الطاقة الحرارية الجوفية geothermal energy قد تظهر على سطح الأرض فى شكل ينابيع فوارية من المياه الحارة والتي قد تصل حرارتها إلى درجة حرارة غليان الماء ، وتتوقف حرارة الينبوع على عمق الطبقة الحاملة للماء ، وقد تظهر الطاقة الحرارية فى صورة أبخرة حارة تتدفق من باطن الأرض . توجد مثل هذه الينابيع الساخنة بمصر قريبا من خليج السويس فى حمام فرعون وعيون موسى وسدر ، ومن الممكن الإستفادة من هذه الطاقة الحرارية فى توليد طاقة كهربائية تخدم التجمعات السكانية حولها . وقد إستخدمت هذه الطاقة فى بعض الدول للتدفئة ، وفى مدينة ميلن Melun بفرنسا حفر بئر ماء فى طبقة جوفية على عمق

1800 متر حيث ترتفع حرارة الماء الجوفى حوالى 60° م عن حرارة الجو على سطح الأرض . أمكن إستخدام هذا الماء فى تدفئة 2000 مسكن عن طريق أنابيب يسحب خلالها الماء الجوفى الساخن ثم يمرر خلال شبكة توزيع داخل حجرات المساكن ، ثم يعاد الماء ثانية بعد برودته إلى جوف الأرض ، وهكذا .

الهيدروجين : الهيدروجين غاز خفيف ، بل هو أخف عناصر الكون ، عديم اللون والرائحة غير سام وسهل الاشتعال ، ويعطى باشتعاله طاقة تعادل ضعف الطاقة الناتجة عن نفس الوزن من وقود بترولى ، وهو كوقود غير ملوث للجو ، إذ أن ناتج احتراقه هو بخار ماء .



إستخدام الهيدروجين كوقود ليس جديد فقد كان غاز الإستهلاب والمستهخرج من الفحم يحتوى على حوالى 50 % منه إيدروجين .

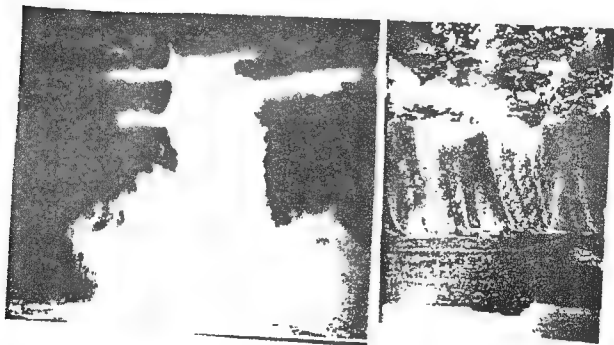
يمكن الحصول على الهيدروجين من الماء وذلك بالتحليل الكهربائى . وقد أمكن أيضا الحصول عليه من غاز الميثان .

حاليا يستخدم الهيدروجين السائل فى إطلاق صواريخ الفضاء ومكوك الفضاء . وقد نجحت تجارب إستخدام الهيدروجين فى تسيير السيارات ، وتخطط بعض شركات الطيران لإستخدام وقود الهيدروجين السائل فى تسيير الطائرات النفاثة .

العقبة الحالية للتوسع فى إستخدام الهيدروجين هو إقتصادياته مقارنة بالوقود الحالى وضرورة حفظه سائلا فى خزانات معزولة على درجات حرارة تقل عن -250° م .

الطاقة الكهربائية الأولية : الطاقة الكهربائية الأولية هي الطاقة التي لا تنتج عن طاقة من مصدر آخر كان تكون ناتجة عن حرق وقود حفري . من أهم مصادر هذه الطاقة مساقط المياه وحركة الرياح والمد والجزر ، حيث تقوم المياه المساقطة من أعلى لأسفل في حالة مساقط المياه (شكل 22) أو مياه المد عند إنحسارها ، ويقوم الهواء في حالة الرياح بتشغيل توربينات مولدة للكهرباء . وفي مصر يعتبر السد العالي من أكبر مصادر توليد الكهرباء .

قدر الإنتاج الكهربائي الهيدروليكي على مستوى العالم سنة 1987 بحوالي 20% من الإنتاج العالمي للطاقة الكهربائية مقابل حوالي 39% طاقة كهربائية ثانوية تنتج عن حرق الفحم و 13% ناتجة عن حرق الغاز الطبيعي و 12% ناتجة عن حرق البترول و 16% تنتج عن استخدام طاقة نووية .



شكل 22 مساقط المياه ممكن الإستفادة منها في توليد طاقة كهربائية أولية

المبيدات

المبيدات pesticides هي مواد كيميائية مصنعة وقد تكون طبيعية ، تضعف أو تقتل الآفات ومسببات الأمراض التي تصيب النباتات والحيوانات والإنسان. تستخدم المبيدات زراعياً لحماية المحاصيل ضد أمراضها وآفاتهما ، ومنزلياً لمقاومة الحشرات الطائرة والزاحفة والعناكب والفئران وغيرها من الآفات ، وطبياً ضد العوائل الحاملة لمسببات الأمراض ، فتستخدم ضد البعوض عند مقاومة الملاريا والحمى الصفراء ، وضد القواقع عند مقاومة البلهارسيا. تدخل المبيدات أيضاً في تركيب بعض الأدوية والمراهم للقضاء على قمل الرأس ، وضد بعض الفطريات التي تصيب الأذن وما بين أصابع الأرجل.

تعتبر المبيدات من الملوثات الكيميائية الخطيرة على الأوساط البيئية ، فهي كما تحدث أضراراً بالآفة الموجهة ضدها وقد تنبدها ، في ، أيضاً قد تضرر بالأحياء الأخرى إذا وصلت إليها ، فالكثير من المبيدات إذا زاد عن حده أو استخدم في غير موضعه أو تحت ظروف بيئية خاصة كان ضرره أكثر من نفعه ... عندئذ يصبح اللؤء داءاً ... والبلمس سماً عضالاً. وأضرار المبيدات على الأحياء المختلفة عديدة وخطيرة ... قد تسبب في حدوث إختلال في التوازن البيولوجي بين الكائنات ... وقد تضرر أو تنبذ حيوانات وطيور وحشرات وميكروبات نافعة ، كانت تساهم بوجودها في الحد من أضرار الآفات ومسببات الأمراض قبل التوسع في استخدام المبيدات. ويتحمل الإنسان النصيب الأكبر من أضرار المبيدات ، إذ أنه القائم بالمكافحة الكيميائية للآفات في المزرعة وفي المنزل ؛ فهو المحضر لها ، وهو المستخدم لها ، وهو المعرض لها مباشرة عند رشها أو تعفيرها ، حيث تصيبه خلال جهازه التنفسي أو خلال ملامستها لجذله. كذلك فإن المبيدات تصلنا خلال الغذاء الملوث وخلال مياه الشرب الملوثة بها. ونذكر في هذه المناسبة واقعة رواها أحد علماء البيئة عن استخدام مبيد قوى لمكافحة حشرات البعوض الناقلة لمرض الملاريا في أندونيسيا ، فقد نجحت المبيدات المستخدمة في زيادة البعوض لكنها في

نفس الوقت أبادت الزنايبير التي كانت تتغذى على حشرات ضارة تهاجم أسطح المنازل الريفية المصنوعة من القش ... تسببت زيادة الزنايبير فى إستئصال نشاط الحشرات آكلة السليولوز ... إنهازت أسقف المنازل. كما ساهمت مييدات البعوض فى إبادة الزنايبير فقد سممت أيضا الققط ... موت للققط أدى إلى تكاثر سريع للفئران ... زيادة أعداد الفئران أدى إلى إنتشار الطاعون الدملى بين الأهالى. هكذا قضينا على البعوض فقضينا معها على الزنايبير والققط ، فهدمنا المساكن ونشرنا مرض الطاعون الذى قضى على الإنسان .

وقد كانت الباحثة راشيل كارسون Rachel Carson سنة 1962 أول من نبه وحذر من خطورة إستخدام المبيدات الكيميائية وبينت ذلك فى كتابها الشهير "الربيع الصامت" Silent spring ، ورغم تحذيرها فإن معدلات المبيدات المستخدمة تضاعف إستخدامها عدة مرات عقب ذلك ، ذلك أن الطلب على الغذاء تطلب زيادة فى إستخدام المبيدات.

فى معظم الحالات التى تستخدم فيها المبيدات ، نجد أن بعضاً من أفراد الأفة المعاملة بالمبيد ، والتى تنجو منه لأنها تحمل فى تركيباتها الوراثية بعض الصفات التى تؤهلها لتحمل المبيد المستخدم. فأى كائن حى لفراذه لا يتشابهون تمام الشبه ، بل يختلف كل فرد منهم عن الآخر فى بعض الصفات ، وذلك فى حدود الصفات العامة للنوع. فإذا تعرض أفراد هذا الكائن لمبيد ما يموت من أفراد الأكثر حساسية لهذا المبيد ، ويعيش من الأفراد ما هو أكثر تحملاً ، وعادة ما تكون أعداد الأفراد الناجية من فعل المبيد قليلة جداً ، إلا أن هذا العدد القليل المقاوم للمبيد يتزايد عدداً بالتكاثر. ومع تتابع أجيال الأفة ، ومع إحصالات حدوث طفرات فى صالحي الأفة ، ومع تكرار إستخدام نفس المبيد ، يحدث إنتخاب طبيعى لصفة المقاومة للمبيد ، وهذا يعنى الإزدياد المستمر لقدرة الأفة على تحمل المبيد بتوالى الأجيال ، ونصل بذلك بعد فترة من الإستخدام الدورى للمبيد إلى الدرجة التى يفقد فيها المبيد قدرته الإبداية نظراً لما حدث من تغيير وراثى فى خلايا الأفة ، عندئذ نضطر إلى الإرتفاع بجرعة

المبيد المستخدم أو إلى البحث عن مبيد آخر أكثر فاعلية ضد الآفة. ينطبق ما ذكر عن المبيدات على الأدوية والمضادات الحيوية التي تستخدم لمقاومة البكتريات والفطريات وغيرها من الآفات التي تصيب الإنسان والكائنات الحية الأخرى.

تختلف المبيدات كثيراً في صفاتها وخواصها الطبيعية والكيميائية ، والتي تشمل قابليتها للتبخر وميلها للذوبان في الماء أو في الدهون ومدى ثباتها في الطبيعة ، كما تختلف في الأعراض التي تحدثها بالإنسان من أضرار بسيطة إلى أخطار جسيمة قد تصل إلى الموت السريع كما في بعض المبيدات الفسفورية العضوية ، أو قد تسبب الموت البطيء كما في حالات المبيدات الهيدروكربونية الكلورية.

من الناحية الكيميائية نجد أن المبيدات تنتمي إلى مجاميع مختلفة نذكر أهمها ولخطرها :

1 - المبيدات الفسفورية العضوية organophosphates ، ومنها الباراثيون parathion والمالاثيون malthion وديكلوروفوس dichlorovos وديازينون diazinon ، وهي مبيدات شديدة السمية متوسطة الثبات في الطبيعة ، يبقى تأثيرها لمدة شهر إلى شهرين ، وتمتص عن طريق الجلد أو تدخل الجسم عن طريق الغذاء أو الشراب الملوث بها. تعمل هذه للمبيدات على أنزيم خلايا الكولين إستريز acetyl cholinestrace الذي يفرز عند نهايات الأعصاب. يقوم الإنزيم بتحليل خلايا الكولين إلى كولين وحمض خليك. وفي وجود المركبات الفسفورية للعضوية تتحد الإنزيمات مع هذه المبيدات الفسفورية فيفقد الإنزيم قدرته على تحليل خلايا الكولين فتحدث زيادة في هذا المركب تتسبب في حدوث تشنجات وإنقباضات ورعشة بالعضلات وألم بالبطن مع صداع وقيء ، كما يحدث ضيق في التنفس نتيجة لإنقباض عضلات الشعب الهوائية وزيادة إفرازاتها المخاطية ، وقد يتسبب التسمم بالمبيد في ضيق حدة العين وبطء في ضربات القلب قد تنتهي بالموت.

2 - المبيدات الهيدروكربونية الكلورية chlorinated hydrocarbons ، وتشمل مبيدات الحشرات الأدرين aldrin وإندرين endrin ومركب DDT وديلدرين dieldrin وكيون kepone وهبتاكلور heptachlor وكلوردين chlordane وجامكسان gamaxane ، كما تشمل مبيد الحشائش 2,4-D و 2,4,5-T ، وجميعها مبيدات سامة شديدة الثبات تدوب في الدهون . تتكون أثناء تحضير بعض هذه المبيدات مادة ديوكسان dioxane ، والتي تعتبر أشد المواد المحضرة سمية وحافزة لأمراض السرطان ، وكثيراً ما توجد هذه المادة ملوثة لمبيد الحشائش 2,4-D و 2,4,5-T . وتعزى حالات الإصابة بالسرطان وظهور ولادات لأطفال مشوهين في فيتنام بعد الحرب الأمريكية هناك ، والتي استخدم فيها مبيد الحشائش لإبادة النباتات النامية الكثيفة والتي كان يختبئ بها المحاربون الفيتناميون إلى مركب ديوكسان (شكل 23) .

تتراكم المبيدات العضوية الكلورية في دهون الجسم وفي أنسجة الكبد ، وقد توجد في المخ . ويزداد تركيز هذه المبيدات بالجسم عاماً بعد آخر بنكرار التعرض لهذه المبيدات حتى تصل تركيزاتها إلى الدرجة الممرضة أو القاتلة ، عندئذ تنكشف آثار المبيد ، حيث يظهر الضرر على الجهاز العصبي المركزي وعلى الكبد والكلية فيحدث غثيان وقيء وإسهال . تنتقل هذه المبيدات من الحامل إلى جنينها عن طريق الحبل السري ، كما تنتقل من الأم إلى رضيعها عن طريق لبن الأم .

أول ما عرف من هذه المجموعة من المبيدات مركب DDT الذي ظهر عام 1939 . واستخدم على نطاق واسع لمقاومة حشرات الإنسان خلال الحرب العالمية الثانية ، ثم توسع في استخدامه بعد ذلك طبياً وزراعياً ، إلى أن اكتشفت خطورته وخاصية تراكمه في دهون الحيوانات ، وبعد أن أصبح وجوده يكاد يكون عاماً في أنحاء المعمورة ... في الهواء ... في الماء ... في التربة ... في أجسام الطيور والحيوانات البرية ... في أجسام الأسماك وغيرها من الأحياء

البحرية ... فى أجسام الإنسان .. حتى وصل إلى القطبين الشمالى والجنوبى .
خطر هذه المبيدات لا يظهر عند تخزينه بالدهون ، ولكن يظهر عند حدوث
تحولات غذائية بالدهون المخزنة تؤدى إلى ظهور هذه المبيدات فى مجرى
الدم، عندئذ تؤثر على دورة الجلوكوز وتنشط أنزيم الفسفرة ATP .



شكل 23 : أشجار ونباتات أحرش بفييتام بعد رشها بمبيدات الحشائش

لكشف المحاريين الفيتامين

بعض هذه المبيدات إنتشر فى العالم إنتشاراً واسعاً ، بعيداً عن أماكن إنتاجه أو إستخداماته فقد وجدت آثار من مركب DDT محملة على أترية تبعد آلاف الكيلومترات عن أماكن إستخدامها ، كما وجدت فى مياه مسالة من تلوج فى القطب الجنوبى. ساعد على هذا الإنتشار ثبات المركب وإنتقاله خلال سلسلة الغذاء ، فمركب DDT الذى إستخدم على نطاق واسع فى مكافحة بعوض الملاريا ولا زال يستخدم حتى الآن لهذا الغرض يتجمع فى الأسماك وقد وصل تركيزه بها فى بعض الأحيان إلى أكثر من عشرة آلاف مرة قدر تركيزه فى الماء المحيط .

لشدة الأضرار الناتجة عن إستخدام هذه المجموعة من المبيدات فقد حظرت ومنعت معظم دول العالم إستخدامها ، إلا أن البعض لا زال يستخدمها وبخاصة فى الدول النامية لمقاومة حشرة النمل الأبيض بالأخشاب.

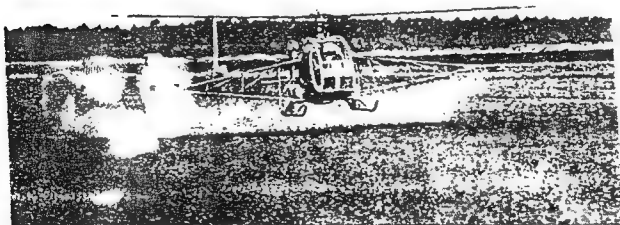
٣ - المبيدات الكارباماتية carbamates ، ومنها السفن sevin (carbaryl) والتميك temik والبايجون baygon ، وتشبه هذه المبيدات فى مفعولها عمل المبيدات الفسورية العضوية وذلك بتثبيطها بإنزيم خلاى الكولين إستيراز ، كما أنها قد تحدث طفرات وراثية قد تؤدى إلى حدوث تشوهات جنينية وظهور أمراض سرطانية.

4 - مبيدات القوارض rodenticides ، وتشمل فوسفيد الزنك وماتعات التجلط anti-coagulants. فوسفيد الزنك ملح رصاصى اللون داكن شديد السمية ، إذ يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك بالمعدة مكوناً غاز الفوسفين السام ، وتظهر أعراضه فى حدوث غثيان وقىء وإسهال مع زيادة فى معدلات النبض والتهاب فى الجهاز التنفسى .

متنعت التجلط تشمل مشتقات الكومارين coumarins والوارفارين warfarin ، وهى إضافة إلى سميتها فإنها تسبب سيولة فى الدم وحدوث نزيف داخلى وذلك من خلال تأثيرها على بعض عوامل التجلط مثل البروثرومبين prothrombin ، وتسبب هذه المبيدات للإنسان نزيف فى الأنف واللثة وحدوث بول دموى وأورام دموية وفزيف تحت الجلد.

5 - مبيدات أخرى متنوعة وتشمل زرنيخات الرصاص وزرنيخات الكالسيوم وأكاسيد النحاس ومبيدات زئبقية ، وجميعها مركبات شديدة السمية.

يتجه معظم الإنتاج العالمى من المبيدات إلى الزراعة. وتستخدم المبيدات الزراعية رشا فى معظم الأحوال ، وقد يكون الرش بالطائرات فى المساحات الكبيرة المنزرعة بمحصول واحد (شكل 24). وتسبب عمليات الرش فى تلوث الهواء والتربة والمياه ، إضافة إلى النباتات التى نوجه الرش عليها. ويمثل رش المحاصيل الغذائية وخاصة قرب النضج خطورة كبيرة على المستهلك ، ولهذا وجب الاحتياط فى رشها باستخدام أقل المبيدات ضررا على الإنسان وأكثرها تحللا فى البيئة وعدم جمع المحصول قبل إنقضاء الفترة المحددة للآمان (شكل 25) .



شكل 24 : رش بالطائرات

تزداد فرص التلوث بالمبيدات فى الزراعات المحمية ، ذلك أن النباتات المنزرعة داخل الصوب تكون محاطة ببيئة ذات حرارة مرتفعة ورطوبة جوية عالية ، فبيئة الصوب كما تشجع النمو السريع للنباتات فإنها فى نفس الوقت تشجع نمو وتكاثر آفات النباتات ، مما يضطر معه المزارع إلى رش النباتات بمبيدات الآفات على فترات قصيرة قد تصل إلى 3 إلى 5 أيام. إن فرص تلوث التربة والنباتات بالمبيدات فى جو الصوب المغلق يزداد كثيرا عنه فى حالة رش المزروعات فى الجو الخارجى المفتوح. ونظرا لأن المحاصيل التى تزرع داخل الصوب مثل الخيار والطماطم والكوسة والفراولة والكانتلوب تجمع على فترات متقاربة وترش فى نفس الوقت على فترات متقاربة ، فإنها تجمع بعد مرور فترات قصيرة على رشها وتكون حينئذ ملوثة بشدة بالمبيد المرشوش. وغالبا لا يكفى غسيل المحصول بالماء للتخلص مما به من المبيد ، ذلك أن المبيد المرشوش لا يكون كله على السطوح الخارجة للمحصول وإنما يكون جزءا منه قد إمتص فى الأنسجة الخارجة للمحصول.



شكل 25 : رش أرضى لمزروعات

يوجد حاليا إتجاه كبير يهدف إلى الحد من إستخدام المبيدات فى الزراعة ، لما إتضح من أثارها الضارة على البيئة ، وظهرت جماعات ضغط شعبية تتنادى بالعودة إلى الطبيعة حيث قوى مقاومة الآفات تتم عن طريق إعادة التوازن الطبيعى للأحياء إلى ما كانت عليه ، وخاصة أن المبيدات كلها سموم ومنها حافزات للأورام السرطانية. وقد منع فى معظم دول العالم إستخدام الكثير منها بعد أن ثبتت شدة أضرارها ، ومع ذلك تظهر بالأسواق بصفة مستمرة أنواع جديدة من المبيدات يقول منتجوها أنها آمنة لتحل محل ما تقرر منعه من مبيدات ، ومن يدرى أن ما يصرح بإستخدامه اليوم من مبيدات جديدة ، قد يحرم بعد سنوات ، ذلك أن أعراض بعض الأمراض كالسرطانات قد لا تظهر قبل مرور سنوات عديدة ، قد تصل إلى 40 عاما أو أكثر ؛ بعد إحدائها للتخفيف والتغيير الكروموسومى فى أحد الخلايا. وقد أمكن حديثا إستبدال الكيماويات فى مقاومة بعض الحشرات بمصائد تعمل بجاذبات جنسية تجذب إليها الذكور الحشرية فلا يحدث تلقيح ولا تكتمل دورة الحشرة.

نقاسى ونحن داخل منازلنا من المبيدات التى تصيب البيئة الخارجية والتى تكون من نصيب المحاصيل الزراعية ، فيصلنا المبيد فى منازلنا مع الهواء الذى نستنشقه ومع الماء الذى نشربه ، كما يصلنا مكثفا مع الخضروات والفاكهة التى عوملت فى المزرعة بالمبيدات. لا نكتفى بما يصلنا من المبيدات من الرش الخارجى ولكننا نزيد عليها مما نضيفه رشا وتعفيرا داخل المنزل من مبيدات ، قد تضغط فى عبوات مع مادة ضاغطة حتى تخرج بشكل ليرسولات وقد توضع فى مباخر تسخن عليها فيتسامى المبيد فى جو الغرفة ، وقد توضع فى مولا لاصقة ، وقد ترش بها الجدران ليستمر مفعولها شهورا أو سنينا ... نفرح بذلك !! لأننا لن نرى حشرة حية مددا طويلا ، ونحزن أخيرا عندما نضار صحيا بالسم الذى يبيت ونتنفسه خلال شهور كثيرة. لا يقتصر ضرر المبيدات المنزلية على المادة الفعالة ولكن قد يحدث الضرر من المواد الأخرى المضافة لإذابة المبيد أو لتخفيفه أو لإحداث ضغط على العبوة. فمثلا إستخدمت مركبات الكلوروفلوروكربون لإحداث ضغط فى عبوات

الإيروسول ثم إتضح أن أضرارها على البيئة بإحداثها لتقرب الأورون ، ثم إستبدلت مركبات الفلوروكربون بمركبات هيدروكربونية تضرر الإنسان وقد نتسبب في حدوث حرائق. ومن المبيدات المستخدمة الضارة مركب كلوريد الميثايل وهو مركب سام قابل للاشتعال .

في أحد الدراسات إتضح أن أعداد المبيدات التي تدخل في الاستخدامات المنزلية تصل إلى حوالي مائة مبيد ، معظمها تعمل ضد الحشرات الطائرة والزحافة ، والبعض يستخدم ضد القوارض ، والبعض تعامل به أخشاب المباني والأثاث ضد النمل الأبيض وموس الخشب. مبيدات النمل الأبيض مبيدات شديدة الخطورة وثابتة ومنها كلوردين وهبتاكلور والدرين وديلارين ، وهذه المبيدات تحتفظ بفاعليتها لمعد طويلة. ومن المبيدات الطاردة للحشرات وبخاصة العثة مركب باراديكلورينزين paradichlorobenzene ، الذي يوضع داخل الدواليب وبين الملابس وعلى السجاد ، وهو من المبيدات المسرطنة ، ولهذا يجب عدم إستنشاقه وكذلك تهوية الملابس المعاملة جيدا قبل استخدام تلك الملابس.

قدر الإنتاج العالمي للمبيدات سنة 1990 بحوالي 26400 مليون دولار تقوم بإنتاجها عدد من الشركات الكبيرة العالمية. معظم الإنتاج العالمي للمبيدات تقمه الولايات المتحدة الأمريكية وسويسرا واليابان وفرنسا وألمانيا وإنجلترا. كثير من الدول المنتجة للمبيدات تمنع استخدام أنواع مما تنتجه في بلادها وتقوم بتصديره إلى الدول النامية ، وأحيانا لا تنتج تلك الأنواع في بلادها وتنتجه في دول أخرى من الدول النامية وتصدره منها وذلك كما في حالة مبيد سلفوتون sulfoton الذي أوقفت شركة ساندوز إنتاجه في سويسرا ونقلت إنتاجه إلى البرازيل .

الدول التي تصنع مبيدا وتمنع إستخدامه داخل بلادها قد يصلها المبيد ثانية خلال أغذية تستوردها من دول أخرى تستخدم هذا المبيد. وقد حدث هذا مع المبيد هبتاكلور الذي تنتجه شركة فليسيكول Velsicol بالولايات المتحدة الأمريكية ، ثم

حظر استخدامه بها سنة 1989 لثبوت كونه من المسرطنات ، ولكن الشركة استمرت فى إنتاجه عقب ذلك للتصدير فقط ، وفى أكتوبر سنة 1991 استوردت الولايات المتحدة منتجات نباتية من الأرجنتين وكانت معاملة بمبيد هيتاكلور ، دون أن تكتشفه سلطات الحجر الزراعى ، وتسبب عن ذلك حالات تسمم.

طالما هناك إنتاج كبير واستخدام واسع للمبيدات فإن حوادثا تقع تنتج عن الإنتاج أو سوء الاستخدام ، كثير من هذه الحوادث ينتج عنه إصابات فردية محدودة ، لكن فى بعض الأحيان يكون الحدث كبيرا تتناوله الصحافة وتبثه الإذاعات المسموعة والمرئية ، وفيما يلى بعض تلك الحوادث الهامة.

تعتبر حادثة بوبال Bhopal فى وسط الهند أسوأ حادث كيمائى حيث تسبب فى أضرار بيئية جسيمة. حدث ذلك فى الثالث من ديسمبر سنة 1984 ، حيث تسرب مركب أيزوسيانات الميثيل methylisocyanate الذى كان يستخدم فى تصنيع المبيد الحشرى سفن sevin بمصنع تابع لشركة يونيون كاربيد Union Carbide ، كمادة وسطية. وأدى هذا التسرب الذى ينتشر فى مساحة أربعين كيلو مترا مربعا إلى موت أكثر من 2500 شخص والأضرار الصحية لأكثر من مائة ألف شخص آخرين، فقد بعضهم أبصارهم .

من الحوادث الأخرى حادثين حدثا بنهر الراين الذى تعيش على مياهه حوالى إثنى عشر مليونا من الأشخاص ، ويمر النهر بأربعة دول ؛ سويسرا دولة المنبع ثم فرنسا وألمانيا ثم هولندا دولة المصب. وفى يونية سنة 1969 تسرب من صندل بحرى مائة كيلومترات من مبيد إندوسلفان تسبب فى موت حوالى أربعين مليونا من الأسماك. والحادث الثانى للنهر حدث سنة 1986 حين إندلعت النيران بمخازن شركة ساندوز السويسرية بمدينة بازل ، ولدت النيران إلى انفجار عدة مئات من براميل محتوية على مركبات كيميائية مجهزه للاستخدام فى تصنيع مبيدات وصناعات أخرى كيميائية. لم يحدث تلوث للنهر هذه المرة من الكيمائيات مباشرة

إنما أدى إطفاء الحريق إلى تسرب الكيماويات إلى النهر ، وقد قدرت الكيماويات التي وصلت مياه النهر بحوالى ثلاثين طنا (شكل 26) .

مما سبق يتضح لنا خطورة المبيدات كملوثات للبيئة ، ويقدر عدد المصابين بالتسمم من جراء هذا التلوث بما يزيد عن خمس وعشرين مليوناً من الأشخاص سنوياً على مستوى العالم ، يموت منهم أكثر من عشرين ألفاً . يختلف الأشخاص فى مدى حساسيتهم للمبيدات ، فيعتبر الأطفال حديثى الولادة وكذلك كبار السن هم الأكثر قابلية للتسمم بالمبيدات وذلك لنقص نشاط معظم الأنزيمات المحللة للسموم لديهم ، وكذلك الأفراد الذين يعانون من نقص فى وظائف الكبد . وقد ثبت أن مضادات الأكسدة ومنها فيتامينات A و C تساعد الجسم على مقاومة الآثار الضارة بالمبيدات .



شكل 26 : تلوث نهر الراين عند إطفاء حريق بمصنع ساندوز بمدينة بازل أدى إلى تسرب كيماويات بالنهر

قمامة المدن

إن الزيادة الكبيرة المطردة في أعداد سكان الأرض ، مع التقدم التكنولوجي الكبير والتحسين في مستويات المعيشة وما يتبع ذلك من متطلبات متزايدة ، أدت إلى زيادة في الإستهلاك اليومي ، نتج عنه تزايد مستمر في كميات ما يجب التخلص منه من مخلفات.

تشتمل قمامة المدن على مخلفات المساكن الصلبة ، وكذلك على المخلفات الصلبة الناتجة عن أعمال الهدم والبناء ومخلفات المتاجر والمصانع والورش والمدارس والمستشفيات والنوادي والملاعب وغيرها. قدرت كميات القمامة التي تجمع من دولة كالولايات المتحدة الأمريكية فوجد أنها تعادل 1.95 كيلوجراماً يومياً للفرد الواحد سنة 1990 ، بعد أن كانت 1.23 للفرد سنة 1960 ، كما قدرت مجموع النفايات الصلبة التي تنتجها الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 195 مليون طن سنوياً سنة 1990 مقابل 151 مليون طن سنوياً سنة 1960. وفي مصر تقدر كمية القمامة بحوالي 7 مليون طن سنوياً بمعدل حوالي 0.7 كيلوجرام للفرد يومياً في المدن وحوالي 0.3 كيلوجرام في الريف ، إضافة إلى حوالي 17 مليون طن مخلفات زراعة سنوية ينتج عن مصاصة القصب وأحطاب القطن وقش المحاصيل النجيلية والتي تستخدم كوقود.

إن أي منتج ذو نفع لنا حالياً ، وما نستهلكه سيصبح في وقت ما مستقبلاً أو تصبح بقاياه نوعاً من الفضلات التي يجب التخلص منها ، ذلك أننا نقيم الأشياء في ضوء نفعها الوقتي فإذا إنتفى الغرض من إقتنائها فإننا نتخلص منها وتصبح بالنسبة لنا في حكم القمامة ، نذكر من ذلك السيارات وأثاث المنازل والأجهزة الكهربائية والأدوات المنزلية ، فإن لكل منها عمراً فإذا إنتهى العمر وأصبحت في حالة لا نرضى عنها فإننا نتخلص منها ، إما بالبيع أو منحها لمن يحتاج إليها ، فإن كانت غير صالحة للبيع أو المنح فإننا نلقى بها في المقالب.

فى الماضى حين كانت أعداد قليلة من عطلانيات له عيشة محدودة ، كانت الأرض قادرة على إستيعاب مخلفاتها ، اما الآن بعد أن ترأيت كثيرا وتعددت مطالب حياتنا ، فقد أصبحت فضلاتنا تلالا سرداد عددا وإرتفاعا وأصبح التخلص منها مشكلة عامة نوزو المجتمع والحكومات.



شكل 27 : قمامة ملقاة فى أحد الشوارع

تتجمع يوميا فى منازلنا كميات كبيرة من القمامة التى يراد التخلص منها . تشمل قمامة المنزل على بقايا تجهيز الطعام وعلى ما يثلف منه وما يزيد عن إستهلاكنا ، وعلى أوراق جرائد ومجلات وأوراق تغليف ، وعلى معلبات معدنية فارغة وأخرى بلاستيكية وثالثة زجاجية ، كما قد تشمل على بقايا تقليم أشجار الحديقة المنزلية وأوراق نباتاتها المتساقطة . إضافة إلى ذلك فإن القمامة المنزلية

تحتوى على نواتج تنظيف المنزل من غبار وما يأويه السجاد والموكيت من حشرات وعناكب ، وما يتساقط عليه من قصاصات أوراق وأقمشة وخيوط ودبابيس ... الخ، مما أصبح معه التخلص من مخلفات المنازل من المشكلات التى تشغل بال القائمين على نظافة المدن. وقد أصبحت ، فى كثير من مدن العالم ، أكوام القمامة المتجمعة فى لوكان الشوارع (شكل 27) أماكن ملائمة لتكاثر الميكروبات والحشرات والفنرل، وبؤر لإنتشارها ، وأصبح من المناظر المألوفة فى كثير من دول العالم النامى أن ترى أشخاصا ينقبون بين أكوام القمامة أو داخل صناديق القمامة باحثين عن أشياء ذات منفعة لهم ، وأنشاء ذلك يمزقون أكياس القمامة ويبعثرون ما بها (شكل 28).



شكل 28 : أحد العمال داخل صندوق جمع للقمامة يقوم بالفرز ويضع ما يختاره فى عربة خاصة به

تخصص عادة ، فى كل شارع أو منطقة بالمدينة ، أماكن لتجميع القمامة توضع بها أوعية كبيرة تلقى بها أكياس قمامة المنازل والمتاجر وغيرها ، وهذه الأوعية لها مواصفات خاصة تتفق شكلا وحجما مع نوعية سيارات القمامة. ويجب أن يتم جمع القمامة قبل تمام امتلاء الأوعية الحاوية للقمامة حتى لا يتناثر ما بها على أرض الشارع وحتى لا يضطر الأهالى إلى إلقاء قمامتهم حول الأوعية وتصبح أرض الشارع مرعى للحيوانات (شكل 50). ويجب أن يراعى فى تصميم تلك الأوعية صعوبة وصول القطط والكلاب إلى محتوياتها ، إذ أن هذه الحيوانات وغيرها من القوارض تقوم بتمزيق أكياس القمامة بحثا عن غذاء لها.

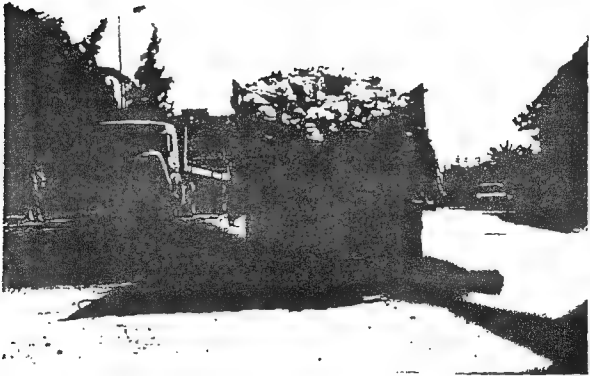
تنقل القمامة من أماكن تجمعاتها بالمدن بواسطة سيارات خاصة أو غيرها من وسائل النقل إلى أماكن بعيدة عن أماكن التجمعات السكنية ويراعى فى هذه السيارات أن تكون ما بها من قمامة مغطاة حتى لا تتناثر فى الطرقات أثناء سير السيارات (شكل 29) ، وعادة ما تكون تلك الأماكن أماكن منخفضة فى أرض قضاء تعرف بالمقالب ، ويراعى فيها أن لا تكون فى مهب الرياح السائدة الموجهة إلى تجمعات سكنية قريبة. تزدحم تلك المقالب بالقمامة ، وتترك لعوامل التحلل الطبيعي والكيميائي والبيولوجي العمل على تحليلها مع مرور الزمن ، فتتدهى وترجى. وكلما امتلأ منخفض يجرى البحث عن غيره ليصبح مقبلا آخر يحل محل سابقه. وفى كثير من المدن امتلأت المقالب الخاصة بها وأصبح من العسير إيجاد أخرى لا تبعد كثيرا ، كما أصبحت تلك المقالب مصدرا لتلوث الماء الأرضي بمواد كيميائية سامة تنتج عن تحلل بعض المخلفات وتسربها فى التربة خاصة فى حالة سقوط الأمطار. كما أصبحت المقالب مصدرا لتلوث الهواء الجوى بغازات ناتجة عن التحلل مثل غازات الميثان وكبريتيد الإيدروجين والأمونيا ، وصارت المقالب أيضا بيئة مناسبة لتكاثر الفئران والحشرات والميكروبات الضارة.

كثيراً ما يجرى التخلص من بعض الفضلات الصلبة في أماكن تجمعاتها بالمدن أو بعد نقلها إلى المقالب العامة وذلك بالحرق * الذى يخفض من حجم الفضلات الصلبة إلى 10% فقط من حجمها الأصلي ، إلا أن هذا المتبقى هو رماد ، قد يكون فائق الضرر نظراً لتركيز ما به من معادن ثقيلة ، كما أن الحريق ينتج عنه غازات ملوثة للجو ، وقد تتسبب في حدوث أمطار حامضية وفي زيادة التأثير الصوبى للجو. كذلك فإن حرق المواد البلاستيكية وهي تمثل نسبة كبيرة من قمامة المدن وخاصة تلك التى تحتوى على مركب كلوريد عديد الفينيل polyvinyl chloride ينتج عنه مادة الديوكسان dioxan الشديدة السمية والمسرطنة ، والتى يقدر الحد الأقصى المسموح به منها بجزء لكل خمسة أجزاء من تريليون الجرام لكل كيلوجرام من وزن الجسم.

ينتج عن نشاطات كافة الأحياء فضلات ، وهذه الفضلات يعاد تدويرها في الطبيعة بواسطة أحياء أخرى تستفيد من تلك الفضلات. ويتطلب هذا أن تكون الأحياء المختلفة التى تعيش في نفس البيئة في حالة توازن ، أما نحن البشر فقد تزيدنا كثيراً وأبدنا كثيراً من أنواع الأحياء التى كانت تشاركنا في البيئة وأخللنا بالتوازن البيئي مع الأحياء الأخرى ، إضافة إلى أننا دون سائر المخلوقات قمنا بالتصنيع وإبتكار أشياء جديدة ومواد جديدة لم يكن لها سابق وجود أو قديم معرفة ، فكثر فضلاتنا وتنوعت أشكالها ، لهذا كان من الواجب علينا أن نبحث عن طرق فعالة لإعادة التدوير ولا نكتفى في ذلك بما تفعله عوامل الطبيعة وغيرونا من الكائنات الحية ، وخاصة أننا مع كثرة ما صنعناه قد إستنزفنا الكثير من الخامات المتاحة في الطبيعة ، وأصبح من المحتم علينا العمل على إعادة إستخدام الكثير من تلك المخلفات بعد إعادة تدويرها ، إما إلى صورها الأصلية أو إلى صور أخرى

* حظر قانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 حرق القمامة إلا في الأماكن المخصصة لذلك بعيداً عن المناطق السكنية والصناعية والزراعية والمجارى المائية .

مختلفة. وقد قدر ما تم تدويره من قمامة بالولايات المتحدة الأمريكية خلال عام 1960 بحوالى 6 مليون طن ، بما يعادل 4% من مجمل قمامتها ، إرتفع بعد ذلك ما تم تدويره ووصل إلى 33 مليون طن عام 1990 ، بما يعادل 17% من مجموع القمامة. مما تم جمعه من قمامة صلبة سنة 1990 أحرق منه 17% من مجموع القمامة ومثلها تم تدويره وتبقى بعد ذلك 66% من مجموع القمامة وهو ما يستخدم فى ردم المقالب. ويعتقد بأنه يمكن الوصول فى الولايات المتحدة الأمريكية إلى إستعادة وتدوير 33% من النفايات الصلبة بحلول عام 2000 .



شكل 29 : سيارة قمامة تنقل القمامة مكشوفة

تدوير المخلفات قد يكون تدويراً مغلقاً closed looped recycling حيث يعاد تصنيع النفايات إلى نفس منتجاتها السابقة ، وذلك كما فى حالة المعلبات المعدنية التى تعاد إلى مصانع صهر المعادن للحصول على معادنها الأصلية ، ومنها يمكن تصنيع المعلبات المعدنية ثانية. ويحدث مثل ذلك مع المخلفات الورقية حيث ترسل إلى مصانع الورق لإعادة تصنيعها ، إلا أننا فى الغالب نحصل على أوراق أقل مستوى من سابقتها. وكذلك المخلفات الزجاجية التى تعاد إلى مصانع الزجاج لتصنيع أنواع من الزجاج ملونة غالباً. بعض أنواع البلاستيك يمكن تدويرها إلى مواد بلاستيكية مرة أخرى .

النوع الآخر من التدوير هو التدوير المفتوح open looped recycling حيث نستخدم المخلفات من القمامة فى إنتاج منتجات تختلف كلية عن المنتجات الأصلية ، من ذلك استخدام العبوات البلاستيكية فى إنتاج للياف يصنع منها سجاد. وقد تدور بعض أنواع المخلفات البلاستيكية وتحول إلى نعال تستخدم فى صناعة الأحذية أو إلى مواد تغليف. وقد تستخدم المخلفات الزجاجية فى صناعة نوع من الأسفلت يعرف بالأسفلت الزجاجى glassphalt يستخدم فى رصف الطرقات ، وقد يخلط الزجاج مع الخرسانة التى تستخدم فى أعمال البناء. ورق الجرائد وغيره من الأوراق قد تدور بيولوجياً حيث تخمر بفعل الكائنات الدقيقة لتحويل مكوناتها السليولوزى إلى كحولات ، ويتم ذلك على مرحلتين ؛ فى المرحلة الأولى تقوم بعض الفطريات ومنها الفطر تريكودرما فيريدى *Trichoderma viride* بتحليل سليولوز الورق إلى سكر سلوبايوز cellobiose ، تنشط عقب ذلك بكتيريا وفطريات أخرى تقوم بتحليل سكر السلوبايوز إلى سكر جلوكوز ، تنشط بعدها فطريات الخميرة التى تقوم بتخمير الجلوكوز منتجة كحول الإيثانول .

تعتبر المواد العضوية والتى تمثل حوالى 30% إلى 60% من جملة المخلفات الصلبة للمدن والتى تشمل نواتج تقليم الأشجار وأوراقها المتساقطة وغيرها من

مخلفات الأشجار وبقايا الطعام والأوراق ، أهم مكونات القمامة والنسب سهل الاستفادة منها. فى الماضى كان التسميد العضوى هو الأساس فى تسميد الأراضى الزراعية ، حيث كانت مخلفات النباتات والحيوانات تعاد ثانية إلى الأرض إما مباشرة أو بعد تخميرها. لكن الآن ، وبعد أن ارتفعت تكلفة نقل الأسمدة العضوية إلى الأرض الزراعية ، قل استخدام المخلفات العضوية ، وصارت من القمامة التى يرجى التخلص منها ، ولهذا فإن إعادة تدوير المخلفات العضوية ثم إعادتها ثانية إلى الأراضى الزراعية أصبح ضرورة ملحة.

فى كثير من الدول المتقدمة يجرى تصنيف القمامة قبل نقلها إلى المقالب ، وذلك بتخصيص أماكن أو عبات لكل نوع منها ، فتجمع لوراق الجرائد معا ، ومخلفات الحدائق والمواد العضوية الأخرى معا ، والمعلبات معا ... وهكذا ، ذلك أن الفصل من المنبع ليسر وأقل تكلفة من فصل المخلفات بعد جمعها .

تعتمد عملية تدوير المخلفات العضوية على عملية الكمر composting حيث تجمع المخلفات الزراعية مع غيرها من المواد العضوية وتوضع فى أكوام قطرها حوالى سبعة أمتار وإرتفاعها حوالى 3.5 متر ، تترك لفترة تنشط أثناءها الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفطريات. تعمل الكائنات الدقيقة على رفع درجة حرارة المادة العضوية إلى 40-55 °م خلال بضعة أشهر ، ويشجع على سرعة إتمام التحليل تقليب وتهوية الأكوام من وقت إلى آخر. تجرى هذه العملية فى المزارع عادة ، وقد تجمع المخلفات العضوية لكل مجموعة مزارع ومساكن وتكمر معا. ويمكن أن نقل حجم الكومة عن ذلك وفقا لحجم المزرعة وكمية ما ينتج عنها من مخلفات.

تتحول قمامة المزرعة المكمرة إلى دبال يفيد فى تجسين خواص التربة ويعيد إليها بعض ما فقد منها من عناصر مغذية وقد ثبت حديثا أن المخلفات السابق تخميرها والتي تضاف ثانية إلى التربة تفيد فى مقاومة أمراض الجنور بكفاءة تعادل

كثيراً من المبيدات المستخدمة في تطهير التربة من بعض آفاتهما مثل مركب بروميد الميثيل الشديد السمية والضرار بمنطقة الأوزون. وقد علل ذلك بأن المخلفات العضوية المخمرة تشجع نمو وتكاثر ميكروبات التربة النافعة والتي تنمو وتتكاثر على حساب الميكروبات المتطفلة الضارة بالنباتات. إضافة إلى ذلك فإن المخلفات السابق كمرها تفيد في تحسين قدرة التربة على حفظ الماء وحفظ ما بها من مغذيات، وذلك بتقليل ما يفقد منها خلال الرش إلى ماء التربة. ويجب أن لا ننفل ، من الناحية السمادية للتربة أن التسميد العضوى يفضل التسميد بالمركبات الكيميائية نظرا لإحتواء السماد العضوى على كثير من العناصر النادرة التى كثيرا ما تغيب عند التسميد الكيميائى.

من الطرق الحديثة المتبعة لتدوير القمامة العضوية ، خاصة على مستوى القرى والمزارع الكبيرة مع الإستفادة من ناتج التدوير فى الحصول على طاقة ، عملية التخمر اللاهوائى ، ثم الحصول على غازات قابلة للإستعال يمكن الإستفادة منها فى التغطية والإتارة. فمذ عام 1970 أقيم فى الصين ما يزيد عن خمسة ملايين وحدة تخمير لا هوائى للمخلفات العضوية. تتكون الوحدة من حجرة كبيرة تقام تحت الأرض وتلقى فيها المخلفات العضوية لعائلة شاملة بقايا الأطعمة ونواتج التقليل الزراعى وبقايا المحاصيل وقمامة تنظيف الزرائب ، كما تصب فى الحجرة إفرزات الإنسان. تغلق الحجرة قبيل تمام إمتلائها ... تنشط البكتيريا اللاهوائية... تهضم المواد العضوية ... خلال أسبوع يبدأ ظهور مجموعة من الغازات تعرف مجتمعة بالغاز البيولوجى أو البيوجاز biogas ، الذى يتكون من 60 % إلى 70 % غاز الميثان والباقى ثانى أكسيد الكربون مع كميات ضئيلة من أول أكسيد الكربون وكبريتيد الإيدروجين والأمونيا. يستمر فى الحصول على البيوجاز لمدة ثلاثة أسابيع يكون فيها التخمر قد اكتمل ، ويتبقى بعد ذلك مادة داكنة عديمة الرائحة تستخدم فى التسميد أو فى تغذية الأسماك والحيوانات ، كما يمكن الإستفادة منها فى زراعة المشروم. وقد وجد أنه يمكن الحصول على حوالى متر مكعب من البيوجاز

من كل كيلوجرام واحد من المادة العضوية وقد أمكن ببجاح إنتاج البيوجاز فى عدة محافظات بمصر ، وإستخدام الغاز الناتج فى الطهى وفى الإنارة ، كما إستخدم سماد البيوجاز للتسميد بدلا من الأسمدة التقليدية وأثبت تفوقه فى مختلف المحاصيل عن الأسمدة التقليدية.

بعد فرز قمامة المدن وإستعادت البعض منها لتحويله إلى الصناعات الملائمة وإستخدام المواد العضوية فى عمليات تخمير أو تعطين ، يتبقى مكونات صلبة لا يرجى الإستفادة منها. ترسل كافة ما تبقى إلى أراضى منخفضة أو حفر خاصة لو مستنقعات أو أراضى محاجر أو مناجم أغلقت ، ويستمر ردم تلك المقالب حتى تملأ إمتلائها ، قد تضغط ، عندئذ محتويات المقلب الممتلىء ثم تغطى بالأتربة من أماكن مجاورة ، وعادة ما تهبط أرض المقلب بعد تحلل بعض مكوناتها بفعل عوامل الطبيعة وخاصة عندما تصلها مياه الأمطار.

مع كثرة ما يجمع من قمامة ، يجرى البحث بإستمرار عن مقالب جديدة لتحل محل الأخرى الممتلئة ، فحتى سنة 1979 إمتلأت بالولايات المتحدة الأمريكية أكثر من خمسة عشر ألفا من مقالب القمامة من مجموع عشرين ألف مقبلا ، وقد تحولت بعض تلك المقالب الموجودة على الساحل الشرقى بالقرب من مدينة نيويورك والتي تتلقى يوميا حوالى عشرين ألف طن من القمامة إلى جبال مرتفعة يخشى أن تشكل فى القريب تهديدا لحركة الطيران !!

فكر البعض فى إلقاء المخلفات فى البحار ، وقد نفذ البعض ذلك ، ويعيب هذه المقالب البحرية أن بعض مكونات القمامة وخاصة الورقية والبلاستيكية قد تطفو بعد فترة على سطح الماء وتصبح مصدرا لتلوث الشواطئ ، إضافة إلى ما قد يحدث من تلوث كيميائى وبيولوجى لمياه البحر .

لكل ما سبق وجب العمل على تقليل قمامة المدن بقدر الإمكان. وأول خطوة للحد من تزايد كميات المنتج من قمامة المدن هو الحد من التزايد السكاني بتحديد النسل، فزيادة أعدادنا يتبعه زيادة قماماتنا. الخطوة الثانية، العمل على تقليل نضيب الفرد من القمامة وخاصة ما كان غير قابل للتحلل أو بطيء التحلل كالكثير من المنتجات البلاستيكية. كما يجب العمل على تشجيع استخدام العبوات التي يمكن إستعمالها وتعبئتها أكثر من مرة بدلا من العبوات التي تلقى عقب إستهلاك ما بها مباشرة وتصبح قمامة. وأخيرا يجب العمل على زيادة معدلات تدوير مكونات القمامة وتشجيع الصناعات القائمة عليها.

الصرف الزراعي

فى القرن الأول الميلادى كانت اراضى شمال إفريقيا تمثل مزارع الدولة الرومانية، فقد كانت مصدراً لإنتاج ثلثى إحتياجاتها من الحبوب ، وقد تسبب ذلك فى الإستمرار فى إستنزاف الأرض الإفريقية من مغذيات النباتات من عناصر ضرورية كالنترات والفوسفات وأملاح البوتاسيوم وغيرها ، وإرسالها إلى أوروبا فى صورة محاصيل . ولم يقتصر الأمر فى ذلك على المحاصيل الزراعية التى تنتقل من الساحل الإفريقى جنوب حوض البحر الأبيض المتوسط إلى الساحل الأوروبى شمال البحر الأبيض المتوسط ، بل كانت تجمع من الساحل الأفريقى ما تنتجه الأرض طبيعياً دون فلاحه من فطر يشبه فى شكله درنات البطاطس ... فطر الكماة الذى يعرف بالترفاس ويعرف بدول الخليج العربى بالفجع ... فطر ذو قيمة غذائية جيدة ، وذو نكهة ومذاق جذاب وطعم محبوب ... فطر للخاصة دون العامة لإرتفاع أثمانه. كان فطر الكماة يجمع وينقل من الجنوب الإفريقى إلى الشمال الرومانى ، حيث يصب فى بطون القياصرة والأمراء والنبلاء وأثرياء القوم وضيوفهم. أدى كل ذلك مع توالى السنين إلى إضعاف الأراضى الزراعية لشمال إفريقيا وتحويلها من أراضى جيدة زراعيًا إلى أراضى ضعيفة صحراوية.

إستمر الإستنزاف للأراضى الزراعية بصفة عامة ، عاماً بعد آخر ... تؤخذ منها مغذيات النبات وتنتقل تلك المغذيات ضمن المحاصيل المنتجة إلى حيث التجمعات السكانية فى المدن التى إمتدت ، والأخرى التى إستجدت ، والمناطق الصناعية التى إستحدثت. أدى ذلك مع توالى السنين إلى إضعاف الأراضى الزراعية المنتجة وتدهورها ، ذلك أن المغذيات كانت تنتقل فى إتجاه واحد ... فى طريق مسدود يبدأ من الأراضى الزراعية حيث مصدر الإنتاج ، وينتهى إلى التجمعات السكانية حيث يتم الإستهلاك. لا يحدث مثل ذلك فى أراضى الغابات والمراعى الطبيعية والمحميات حيث تستكمل حركة المغذيات ... ما يؤخذ من

الأرض يعود إليها ثانية ، فأوراق النباتات تتساقط فى نفس الأرض والحيوانات والطيور التى تعيش مع الأشجار فى الغابة أو فى المراعى الطبيعية تسقط فضلاتها فى الأرض معيدة بعض ما أخذته من مغذيات ، وما يموت منها يتحلل فى الأرض معيدة باقى ما أخذته من الأرض من مغذيات. وفى الأرض تعيش كائنات دقيقة تقوم بتحليل كافة ما يسقط بها من مخلفات نباتية وحيوانية معيدة عناصر الغذاء إلى الأرض.

تنبه العالم الكيميائى الألمانى ليبج J.von Liebig الذى عاش الفترة من 1803-1873 لحركة إتجاه مغذيات الأرض المنتجة للمحاصيل فى إتجاه واحد مسدود ، فاقترح التسميد الكيميائى كحل لتعويض ما يؤخذ من الأراضى الزراعية ولا يعوض، وحتى يتوقف تدهور الأرض كما حدث للشمال الأفرقى فى عصر الدولة الرومانية. بالتسميد يمكن الإستمرار فى الزراعة وإنتاج المحاصيل والإستمرار أيضا فى نقلها بعيدا عن الأراضى المنتجة لها حيث يتكدس الناس فى تجمعات سكانية بالمدن والقرى .

حاليا وفى ضوء الزيادة الكبيرة فى حركة المحاصيل الزراعية بين الدول ، حيث يرتفع الإنتاج العالمى فى الحبوب فى الفترة من 1960 إلى 1995 إلى الضعف، وفى نفس الفترة الزمنية إزدادت تجارة الحبوب بين الدول المنتجة والدول المستهلكة إلى ثلاثة أضعاف. نتج عن ذلك تكس المغذيات فى الدول المستوردة للمنتجات الزراعية النباتية والحيوانية كدول شمال أوروبا ، وفى نفس الوقت حدث نقص فى مغذيات التربة للدول المصدرة مثل البرازيل وتايلند وأستراليا وكندا ، مما تعتبر معه دولة مثل هولندة تمتلك أكبر جبل من السماد العضوية الناتج عن منتجات زراعية مستوردة فإذا أضيف إليه الاستخدام المكثف للأسمدة الكيماوية يتبين مدى التلوث الخطير الناتج عن فائض مغذيات التربة ، لدرجة أصبحت معها كمية التترتات الموجودة بمياهها الجارية حاليا أكثر من ضعف الحد الأقصى المسموح به.

والآن حيث يعيش حوالي 50% من سكان الأرض فى المدن بعيدا عن الأراضى المنتجة لغذائهم ومتطلباتهم الزراعية ظهرت مشاكل التلوث فى المدن نتيجة لتكدس الفضلات ، كما ظهر التلوث فى الريف نتيجة التوسع فى التسميد الكيمايى وخاصة فى النصف الثانى من القرن العشرين ، حيث زاد إنتاج العالم حاليا من الأسمدة الكيمايية تسعة أضعاف الإنتاج سنة 1950 ، لما ظهر من إستجابة كبيرة للتوسع فى التسميد على زيادة الإنتاج الزراعى. أدت زيادة معدلات عناصر التسميد فى التربة إلى تسرب الكثير منها إلى المياه الجوفية ثم إلى مياه الصرف الزراعى ، وأصبح تلوث مياه الشرب بالمواد النتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية من الأمور الشائعة . كما تسبب التوسع فى التسميد النتروجينى إلى إنتشار الأمراض والحشرات على النباتات ، مما أدى إلى التوسع فى إستخدام المبيدات وما يتبع ذلك من حدوث تلوث بالمبيدات للهواء والغذاء وماء الصرف الزراعى. كما تسبب إرتفاع معدلات العناصر السمادية فى مياه الأنهار والبحيرات إلى حدوث نمو مكثف للطحالب على حساب أشكال أخرى من الأحياء وخاصة الأسماك والقشريات والأصداف. كذلك فإن المبيدات التى وصلت إلى تلك المياه خلال الصرف الزراعى قد أثرت تأثيرا ضارا على نمو الحياة الحيوانية البحرية وانتقلت منها إلى الطيور والإنسان.

التلوث الناتج عن التسميد النتروجينى والفوسفاتى الزائد ضار بصحة الإنسان ، إذ أن الزائد منه يتسرب بفعل مياه الري إلى المياه الجوفية ومنها إلى مياه الصرف الزراعى أو إلى مياه الأنهار وقد يصل إلى مياه الشرب. لا يقتصر وجود النترات الزائدة فى التربة الزراعية المسمدة به أو فى المياه المتسربة منها ، بل قد يزداد وجودها فى النباتات إذا ما إمتصت تلك النباتات كميات منها أكثر من التى تستطيع تمثيلها وتحويلها إلى أحماض أمينية ومواد بروتينية وغيرها من المركبات العضوية النتروجينية. وتختلف النباتات فى قدرتها على تخزين أملاح النترات على صورتها، ومن أكثرها تخزينا لها الفجل والبنجر والخس والكرفس.

النتريتات إذا وصلت إلى جسم الإنسان فمن الممكن أن تختزل إلى نترينات ، والنترينات يمكنها أن تتفاعل مع هيموجلوبين الدم فيتحول بعضه إلى مركب جديد يعرف بـ ميثيموجلوبين methemoglobin يختلف عن الهيموجلوبين في أن ذرة الحديد به ثلاثية التكافؤ بعد أن كانت في الهيموجلوبين ثنائية التكافؤ ، وهذا المركب الجديد لا يقبل الأكسجين ويتسبب في نقص كفاءة الدم في نقل الأكسجين ، مما ينتج عنه عجز أكسجين شديد الخطورة على الأطفال مسببا مرض الطفل الأزرق الذي قد يؤدي إلى الوفاة ، وقد يتسبب المركب الجديد إلى حدوث تلف في المخ قد يؤدي إلى الموت في صغار الأطفال. تصنف النتريتات والنترينات ضمن أخطر ملوثات مياه الشرب في أوروبا وأمريكا الشمالية ويتوقع تفاقم تلك المشكلة في كثير من الدول الزراعية كالبرازيل والهند ومصر نتيجة للتوسع في التسميد النتروجيني.

كما أن المركبات الفوسفاتية تعتبر من أهم ملوثات مياه الصرف الصحي والتي تكثر بها نتيجة للإستعمال المنزلي للمنظفات الصناعية ، فهي أيضا من الملوثات الخطيرة في مياه الصرف الزراعي نتيجة للإستخدام الزائد للتسميد الفوسفاتي . المركبات الفوسفاتية تبقى ثابتة لمدد طويلة حيث أنها بطيئة التحلل وهي ذات أثر سام على الإنسان والحيوان إذا ما وصلت إليه عن طريق مياه الشرب.

من الملوثات الأخرى الشديدة الخطورة لمياه الصرف الزراعي المبيدات الزراعية والتي إستخدمت بتوسع في السنين الأخيرة لمقاومة الآفات رشا أرضيا وبالطائرات وتعفيرا للنباتات وتبخيرا للتربة ، وقد سبق الحديث بتوسع عنها وعن أنواعها وعن أضرارها.

الصرف الصحى

تمر معظم نواتج الإنتاج الزراعى الغذائية خلال الجهاز الهضمى للإنسان ، وتمر بقاياها خلال إفرازاته البولية والبرازية ، مما يجعل من فضلات الإنسان مصدرا غنيا بالمواد العضوية والغذائية الصالحة لنمو وتغذية كائنات حية أخرى ، ويمكن تدويرها من خلال تلك الكائنات لتكون فى صالح الإنسان. تتبهِ لذلك قُدماء الصينيين من آلاف السنين ، فاعتمدوا فى زراعاتهم على التسميد بمخلفاتهم. وحاليا تحت ظروف التكُدس السكاني فى المدن فإن معظم المخلفات الأدمية لا يعاد إستخدامها ، وأن معدلات الإستخدام غير الأمن فى زيادة مطردة. وفى معظم مناطق إفريقيا وآسيا تصب معظم مياه الصرف الصحى دون معاملة ، فى الأنهار وفى الأراضي الزراعية أو الأراضي غير المنزرعة. وفى كثير من المناطق الصحراوية يستخدم ماء الصرف فى رى المزروعات. ما يعامل من تلك المياه معاملة صحية قبل إلحاقها يقدر بحوالى 10% منها فقط ، مما أدى إلى كثرة إنتشار الأمراض.

يتكون ماء الصرف الصحى من خليط من مواد ذائبة وغروية وجسيمات عضوية وغير عضوية ، إضافة إلى كائنات حية صغيرة من ميكروبات بكتيرية وفيرسية وفطرية وپروتوزوية ، وكذلك أنواع من الديدان. لا تقتصر مكونات مياه الصرف الصحى على الإفرازات الإنسانية بل تضم إليها مياه التنظيف والاستحمام والصابون والمنظفات الصناعية ومركبات فينولية ومبيدات مختلفة. وغالبا ما تصب منتجات الصرف الصناعى فى شبكة الصرف الصحى فتزداد مياهها تلوثا بالمواد الكيميائية من عوادم صرف المصانع المختلفة وكذلك كثيرا ما تصب فيها مياه غسل وتشحيم السيارات بما تحتويه من زيوت معدنية.

تحتوى مياه الصرف الصحى على ما يزيد عن 99 % ماء ، والباقى عبارة عن الخليط السابق ذكره ، وهذا الخليط هو الذى يحدد نوعية الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية. تتحدد نوعية ماء الصرف الصحى الطبيعية باللون والرائحة والعكارة ودرجة الحرارة ، والأخيرة تكون عادة أعلى من حرارة الجو. وتتحدد نوعية ماء الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية وغير العضوية ، ويعتبر المحتوى العضوى هو العامل الأساسى فى تلوث مياه الصرف الصحى. المجموعة الرئيسية للمواد العضوية هى المواد البروتينية والتى تكون حوالى 50 % من المكون العضوى ، يليها فى ذلك المواد الكربوهيدراتية والتى تكون حوالى 45 % ثم الدهون والزيوت والتى تكون حوالى 10 % . تتحلل المواد البروتينية والكربوهيدراتية تحللاً سريعاً فى حين أن الدهون والزيوت تكون أكثر ثباتاً وتحللها يكون بطيئاً.

فى إحصاء تم سنة 1990 قدرت أعداد السكان الذين يقون بمخلفاتهم الصحية فى البيئة دون أية معاملة بحوالى 1700 مليون شخص على مستوى العالم. وفى الريف الإفريقى وجد أن نحو 20 % فقط هم الذين لديهم وسائل صحية لتصريف مخلفاتهم الصحية ، وفى ريف جنوب شرقى آسيا 12 % فقط الذين ينعمون بحياة صحية. فى البيانات التى لا تنعم بوسائل صحية للصرف الصحى ، يكثر حدوث وفيات بين الأطفال نتيجة للإسهال تصل إلى 60 % ، وقد أمكن الإقلال من تلك الوفيات بدرجة كبيرة باستخدام محلول الجفاف الذى يحتوى على خليط من محلول ملهى وسكرى. ومن المشاهد المألوفة فى دول العالم النامى أن تجد مخلفات الصرف الصحى غير المعالجة تطغى من بالوعات المجارى فى الشوارع. وفى دراسة قام بها برنامج الأمم المتحدة للبيئة سنة 1991 إتضح أن 80 % من الأمراض الشائعة فى الدول النامية تنشأ عن الإفتقار للصرف الصحى وبلى القدرة .

إن إلقاء نواتج الصرف الصحي دون معاملة في مجرى مائى أو فى الأرضى يؤدي عند تحلل المواد العضوية بها إلى تصاعد روائح كريهة وتصاعد غازات منها الميثان والأمونيا وكبريتيد الإيدروجين ، كما أن هذه المياه تحتوى غالبا على مسببات مرضية ومغذيات قد تشجع على نمو حياة مائية غير مرغوبة وتسبب فى نقص الأكسوجين بالماء ، كما قد تحتوى على مركبات سامة ولهذا فإنه يجب عدم إستخدام مخلفات الإنسان أو إلقائها سواء فى الماء أو الأرضى إلا فى ضوء التطبيق الدقيق لمقاييس صحية.

الكيميائيات الناتجة عن المنظفات والصرف الصناعى والتي تختلط بمياه الصرف الصحي كثيرا ما تخلق مشاكل نتيجة لصعوبة تحليلها بيولوجيا ولأنها تكون رغاوى وبعض مكوناتها من مسببات أمراض السرطان. المركبات غير العضوية التى تتواجد عادة بمياه الصرف الصحي تشمل مركبات نيتروجينية وفوسفاتية وكبريتية ومعادن ثقيلة. والغازات غير العضوية المتصاعدة تشمل ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكبريتيد الإيدروجين والأزوت والأكسوجين وفى ضوء الغازات المتصاعدة تحدد المعاملة الهوائية ، فى حالة نقص الأكسوجين تنشط للبكتريا اللا هوائية ويحدث إختزال للأملاح غير العضوية وتنشط للبكتريا المنتجة للميثان وكبريتيد الأيدروجين ، وبوجه عام فإن منتجات البكتريا اللا هوائية ضارة بالصحة.

نتيجة للنشاط البيولوجى فى مياه الصرف الصحي يقل ما تحمله المياه من مواد عضوية وتزداد تدرجيا معدلات المواد غير العضوية ، كما تزداد أعداد وأنواع الكائنات الدقيقة والتى ينتج معظمها عن براز الإنسان ، فى حين أن البول يكون عادة خالى من مسببات الأمراض إلا فى حالات محدودة. يحتوى براز الإنسان على مسببات أمراض عديدة قد تكون مصدر عدوى. تدخل مسببات الأمراض إلى جسم الإنسان عن طريق مياه الشرب الملوثة والغذاء الملوث والأيدى الملوثة. وفى بعض

الحالات ، كما في حالة بعض الديدان كالأنكلستوما والبلهارسيا ، فإنها قد تدخل مباشرة عن طريق الجلد (شكل 41). تتسبب تلك المسببات في حدوث أمراض الإسهال والكوليرا والتيفود وديدان الأمعاء وغيرها من الأمراض .

إذا ألقيت مخلفات الإنسان مباشرة في مجارى المياه أو البحيرات ، تنشط ما بها من كائنات دقيقة ، فتتكاثر بسرعة وتزداد أعدادها ، وتسحب الكائنات الدقيقة أثناء ذلك كثيرا من الأكسجين الذائب في الماء ، مؤثرة بذلك تأثيرا ضارا على نمو الكائنات المائية ، كما أن بعض أنواع البكتيريا قد تتراكم على خياشيم الأسماك مسببة إختناقها. ومع تناقص أكسوجين الماء تنشط البكتيريا اللا هوائية للضارة بأحياء الماء.

وإذا احتوت مياه الصرف الصحي الملقاة في مجارى المياه أو البحيرات أو البحار على مواد كيميائية سامة ، فإن تلك تزداد تركيزا في النباتات والحيوانات التي تعيش في تلك المياه ، ويزداد التركيز أكثر في الحيوانات البحرية التي تعيش على نباتات وحيوانات بحرية ملوثة ، وهكذا يزداد التركيز خلال التصاعد في سلسلة الغذاء حتى يصل إلى الطيور والإنسان الذى يعيش على الأسماك والحيوانات البحرية الأخرى الملوثة.

ومن المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصحي ما يلي :

1. عدوى الجلد أو الدم بالتعرض المباشر لمياه الصرف أو خلال جروح.
2. عدوى العيون والجهاز التنفسي من التعرض للغبار الناتج عن مخلفات الصرف الصحي خاصة خلال إلقاء تلك المخلفات في مقابل أرضية .
3. أمراض تنتقل عن طريق الذباب الذى يتغذى على المخلفات الصحية وتشمل أمراض الكوليرا والتيفود وأمراض الإسهال .

4. أمراض تنقلها للإنسان حيوانات فقيرة تتغذى على مخلفات صرف صحي مثل مرض الكلب rabies الذي يصيب الإنسان عن طريق عض الكلاب أو حيوانات أخرى مصابة به.

مما سبق نتضح الأهمية الكبيرة لمعاملة مياه الصرف قبل التصرف فيها ، وذلك لتقليل الأخطار المحتملة والتي تنتج عنها . الغرض الأساسي من معاملة ماء الصرف هو تحويل مكوناتها إلى مركبات أبسط غير ضارة نسبياً قبل إلقائها في الأرض أو في الماء ، حتى نقلل أخطار ذلك من تدهور في قيمة الأرض أو في صفات الماء وحتى نقلل من التلوث الميكروبي أو الكيماوي لنتقي شر كثير من الأمراض. وتجرى معاملة الماء كالآتي :

1 - الترسيب : ويتم ذلك في أحواض خاصة تعرف بأحواض الترسيب وفيها يمكن التخلص من حوالي 50 % من مجموع المحتوى لصلب لمياه الصرف الصحي حيث تترسب المواد الصلبة بفعل الجاذبية ، وفي نفس الوقت يمكن إستبعاد المواد التي تطفو على السطح من زيوت وشحومات وقاذورات طافية وذلك بالكشط أو الشفط . يفصل عقب ذلك الرائق الذي ينقل عقب ذلك إلى أحواض التهوية. أما الحمأة sludge المتجمعة بعد فصل السائل الرائق ، فتكون في حالة نصف صلبة وتكون بمعدل 100 إلى 300 ملليجرام لكل لتر من ماء الصرف. تحتوي الحمأة على أنواع من البكتيريا اللا هوائية.

يمكن الإسراع في عملية الترسيب بإستخدام أملاح الشبة التي تساعد على تجميع المواد الصلبة.

تعامل الحمأة بغرض تقليل حجمها وتحليل مكوناتها للحصول على مركبات عضوية وغير عضوية ثابتة. وتجرى معاملة الحمأة في أحواض الهضم ، ويتم ذلك لا هوائياً في أغلب الأحوال ، ولأنها تتكون غازات أهمها الميثان والأمونيا

وكبريتيد الإيدروجين. تجرى معاملة الحمأة على درجات حرارة 35 إلى 42 °م وتستغرق مدة تتراوح ما بين عشرة إلى ستين يوما.

جدول 4 : مسببات أمراض تنتقل عن طريق مخلفات الإنسان

المسببات المرضية				طريقة النقل
متطفلات	فطريات	بكتيريا	فيروسات	
		كروية عنقودية <i>Staphylococcus</i> كروية في سلاسل <i>streptococcus</i> للتيتانوس الكوليرا	إلتهاب كبدى وبائى B و C الإيدز AIDS	مخلفات ملوثة بمسببات مرضية
	إصابات فطرية mycosis	الجمرة الخبيثة إلتهاب رئوى	التراكوما إلتهاب المتحمة	غير محمل بمخلفات أممية ملوثة
المالاريا داء المشقات shistosomiasis داء الفيل flariasis			حمى النجف dengue الحمى الصفراء	حاملات أمراض تعيش أو تتكاثر فى مياه ملوثة بفضلات إنسان
الليشمانيا leishmaniasis المرض العدوى hydatidosis		الطاعون plague	الكلب rabies	حيوانات ضالة أو برية أو قارضات تتغذى على فضلات إنسان

قد تستعمل حمأة الصرف الصحى قبل معاملة الهضم السابقة فى إنتاج البيوجاز أو تستخدم بعد المعاملة فى المزارع كسماد. ويعيب إستخدام الحمأة كسماد إحتوائها على كثير من الكيماويات للناجمة عن الإستخدامات المنزلية والصرف الصناعى. فى دراسة أجريت بجامعة كورنيل وجد أن حمأة للصرف الصحى للولايات المتحدة

الأمريكية تحتوي على أكثر من 60 ألف مركب كيميائي ومادة سامة ، يضاف إليهم سنويا من 700 إلى 1000 مركب جديد. تشمل تلك المركبات مبيدات ومنتجات بترولية ومذيبات عضوية ومعادن ثقيلة.

2 - التهوية : ينقل الجزء الرائق من مياه الصرف الصحي إلى أحواض التهوية، حيث يتم إدخال تيار من الهواء إلى الماء للعمل على تنشيط نشاط الكائنات الدقيقة اللا هوائية وتنشيط الكائنات الهوائية ، والتي تعمل على تحليل ما تبقى من مواد عالقة لم يتم ترسيبها في المرحلة السابقة. تتم التهوية بإدخال الهواء إلى قاع حوض التهوية من أحد جوانبه ، فيعمل الهواء على تحريك الماء بفعل حركة الهواء من أسفل إلى أعلى. وقد تتم التهوية بطريقة ميكانيكية باستخدام سلاح كبير يقوم بتحريك الحوض فتتخلل فقاعات الهواء ماء الصرف.

تؤدي معاملة التهوية إلى إزالة حوالي 99% من المحتوى البكتيري لمياه الصرف وإلى تحويل المواد الرغوية والعالقة إلى مواد راسبة في صورة كتل بيولوجية متبلدة، لا تلبث أن ترسب في أحواض ترسيب أخرى .

الماء الناتج بعد عملية التهوية يصلح لرى وتسميد الحدائق أو بصرف في أراضي منخفضة بعيدة عن المدن. تستخدم كثير من الدول تلك المياه ، فالدول الأوروبية تستخدم تقريبا ثلث صرفها الصحي ، والولايات المتحدة الأمريكية تستخدم 28% من صرفها الصحي في الزراعة ، ويتم ذلك لعدة أسباب.

أ - الاستفادة من الماء في حالة عدم توفره .

ب - التسميد الرخيص للأراضي الزراعية .

ج - التخلص من كمية كبيرة من مياه الصرف الصحي.

يعيب استخدام مياه الصرف الصحي في الري والتسميد ، هو أن هذه المياه غالبا ما تحتوي على مخلفات الصرف الصناعي مما يجعل المياه ملوثة ببعض الكيماويات السامة والمعادن الثقيلة ، مما يحتم معه لسلامة استخدام سائل الصرف الصحي ؛

إما فصله عن الصرف الصناعي ، أو فصل المواد الضارة من مخلفات المصانع قبل صيها في الصرف الصحي. وقد لوحظ ارتفاع نسبة المعادن الثقيلة وبخاصة عنصر الكاديوم في الماء الأرضي للأراضي الزراعية التي تروى بمياه الصرف الصحي بإسرائيل ، والتي بدأت في التوسع في استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ، والتي يقدر بها ما يستخدم من ماء الصرف الصحي في الري بحوالى 65 % من مجمل مياه صرفها. وعموما يجب عدم استخدام مياه الصرف الصحي فى ري الاراضى التى تزرع خضروات ، ويستحسن عدم استخدامها فى ري المحاصيل التى تؤكل طازجة ، وعلى أن يجرى للرى بطريقة التقيط أو الغمر وعدم استخدام طرق الرش بتاتا. أحيانا تعامل المياه الناتجة بعد التهوية معاملات كيميائية خاصة ، لفرض منها التخلص من بعض المكونات غير المرغوب فيها كـ بعض العناصر الثقيلة.

3 - التطهير : يجرى تطهير الماء للتخلص من الميكروبات الممرضة وذلك كخطوة أخيرة للوصول بالماء إلى درجة تصلح لشرب الإنسان ، "حيوان ، أو لصيه فى مياه الأنهار ، ذلك أن صب المياه فى الأنهار دون تطهير يساعد على إنتشار كثير من الأمراض البائية كالكوليرا والتيفود. ويستخدم للتطهير غاز الكلور أو غاز الأوزون .

بالنسبة للتطهير بالكلور فإنه ينصح بأن لا يقل المتبقى منه فى الماء عن نصف ملليجرام لكل لتر ولمدة لا تقل عن ساعة ، ولا يجب أن يزيد تركيزه عن ملليجرام واحد للتر ، لأن زيادة التركيز قاتلة لأحياء الماء. وحديثا وجد أنه يخشى من أن استخدام الكلور فى المياه المحتوية على مواد عضوية يتسبب فى تكوين مركبات هيدروكربونية مكلورة تؤثر تأثيرا ضارا على الصحة ، وقد تكون تلك المركبات حافزة على تكوين أورام سرطانية.

أحيانا بفضل الأوزون كغاز مطهر عن الكلور لتفوقه في قدرته التطهيرية ، ولأنه يعمل على سرعة تجميع المواد العالقة مما تسهل معه عملية الترسيح. فالأوزون يقتل فيروس التهاب الكبدى الوبانى بالتعريض لتركيز 0.45 جزء من المليون ، فى حين أن ذلك يتطلب 2 جزء فى المليون من غاز الكلور ولمدة 3 ساعات. كما يقضى الأوزون على الطحالب والبرقات بجرعة جزء واحد فى المليون ، ويقضى على البروتوزوا والحيوانات الصغيرة بجرعة 2 جزء فى المليون. وعموما فإن جرعة الأوزون المستخدمة تختلف حسب درجة التلوث ونوعيته من 0.5 إلى 4.0 جزء فى المليون. ويفضل أن لا يكون إستخدام الأوزون كمطهر نهائى للمياه ، إذ أنه سريع التطاير ، على أن يكون إستخدامه للتطهير المبدئى ولتجميع العالقات ثم يرشح ، ويتم التطهير النهائى بالكلور.

كثير من المناطق الحارة فى العالم تعاني من شحة الماء ، وقد دلت إحصائيات سنة 1985 على أن 40 شخصا من كل 100 شخص فى كثير من دول العالم لا يجدون ما يحصلون عليه من ماء شرب آمن ، لهذا كان من الأهمية بمكان إعادة إستخدام مياه الصرف ؛ سواء الصحى أو الصناعى ، مع مراعاة إزالة ما بهما من كائنات مسببة للأمراض فى الإنسان والحيوان والنبات ، وكذلك العمل على إقلال المحتوى الصلب لتلك المياه ، ونظرا لعدم توفر الإمكانيات فى كثير من تلك المناطق لإجراء عمليات التنقية والتطهير فقد إستحدثت طريقة برك الإستقرار stabilization bonds ، وهى طريقة بسيطة إستخدمت فى بعض دول العالم الفقيرة مثل الهند منذ أكثر من 85 سنة ، مع توفر أراضى ذات قيم منخفضة. تحفر فى هذه الأراضى برك تملأ بمياه الصرف الصحى . البرك تكون مربعة أو مستطيلة على أن يكون زواياها غير حادة ، ويستفاد من أتربة الحفر فى تعلية حواف البرك بميل 1 : 3 أو 1 : 4 فى الجانب الداخلى (المبتل) و 2 : 3 فى الجانب الخارجى (الجاف). ويفضل تغطية الجانب الجاف وكذلك الجزء العلوى من الجانب المبتل بحشائش للتثبيت. وعموما فإن مساحة البرك وأعماقها يتوقف على عدد سكان التجمع السكنى ، وتقدر مساحة البرك المطلوبة على أساس 30 هكتار * (71 فدان)

* الهكتار hectar = 10000 متر مربع = 10 دونم

لكل مائة ألف نسمة . تملأ البرك بماء الصرف الصحى ونترك فيها لمدد تتراوح ما بين 10 أيام إلى بضعة أسابيع ، حيث تترك لقوى الطبيعة من ضوء شمس وحرارة ورياح وكائنات دقيقة بكتيرية وطحلبية وغيرها ، فى العمل للحصول على ماء يمكن الاستفادة منه .

يراعى عند إختيار مواقع برك الإستقرار البعد عن أماكن التجمعات السكانية بأكثر من 500 متر ويفضل أن تزيد عن 1000 متر ، مع مراعاة إتجاه الرياح السائدة بحيث لا يكون التجمعات السكنية فى مهب الريح القادمة من البرك .



شكل 30 : برك إستقرار بالهند

يستخدم ورد النيل (الياسنت المانى) (شكل 11) بنجاح فى برك الإستقرار لتحسين صفات الماء الناتج ولتقليل نمو الطحالب والكانتات الدقيقة ولإقلال من الأملاح الذائبة فى الماء ، ولكن نظرا للسرعة الكبيرة التى يتكاثر بها وسهولة إنتشاره فلا ينصح بإدخاله فى دولة أو منطقة خالية منه. يفيد ورد النيل فى سحب كميات كبيرة من التراتات والفوسفاتات والمعادن الثقيلة من الماء. وفى نفس الوقت فإن جذوره تتجمع عليها كتل جيلاتينية حيوية تلتصق عليها كانتات دقيقة تقوم بتحليل الكتل الجيلاتينية محولة إياها إلى أملاح غير عضوية وغازات أهمها ثانى أكسيد الكربون . وعند جمع نباتات ورد النيل يتخلص معها من كل ما يتجمع حول جذورها .

ينمو ورد النيل بسرعة كبيرة فى الجو الحار ، فتضاعف كتلته كل ستة أيام تقريبا. ويمكن إنتاج أكثر من أربعة أطنان منه تحتوى على أكثر من 200 كيلوجراما من المادة الجافة من مساحة هكتار من بركة الإستقرار يوميا. وقد وجد أنه فى بركة إستقرار مساحتها 5500 متر مربع وعمقها 60 سنتيمتر وغذيت بمياه صرف بمعدل 1000 m^3 يوميا ، قلت نسبة النتروجين فى الماء بمعدل 80 % ، كما قلت نسبة الفوسفور بمعدل 44 % خلال 48 ساعة. لإستخدام تلك المياه للرى الزراعى يراعى أن لا يزيد المحتوى المائى للمواد الذائبة عن 2500 ملليجرام/لتر ، لهذا فإن زراعة ورد النيل تحسن كثيرا من صفات الماء.

لتسهيل جمع ورد النيل نستخدم برك إستقرار مستطيلة وطويلة بحيث لا يزيد عرضها عن 10 متر ، كما ترتب البرك فى صفوف متوازية بينها طرقات.

ويمكن الإستفادة من ورد النيل فى إنتاج سماد عضوى بعد خلطه بمخلفات المزارع النباتية والحيوانية ، أو يستخدم فى تغذية الحيوانات ، أو يدخل فى عمليات التخمير اللا هوائى لإنتاج البيوجاز المستخدم كوقود .

للتخلص من مياه الصرف الصحي ، لا يجب أن يتم ذلك قبل إتمام المعالجة الابتدائية لفصل ما بها من فضلات ومواد صلبة ، وفي حالة الصرف في مياه البحر فيجب أن يكون الصرف بعيداً عن الشاطئ بحوالي عشرة كيلومترات وفي عمق لا يقل عن 50 متراً من سطح البحر ، مع الأخذ في الاعتبار إتجاه التيارات البحرية حتى لا تعود تلك المياه ناحية المدن .

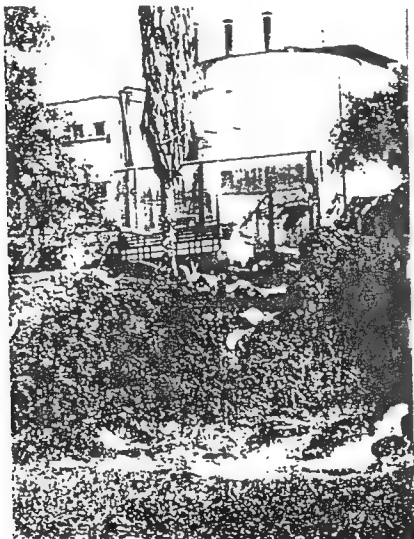
وفي حالة التخلص من مياه الصرف الصحي في الأراضي فتفضل في ذلك الأراضي المسامية وأفضلها الصحراوية البعيدة عن الأماكن العمرانية ، وعلى أن يراعى إتجاه الرياح السائدة حتى لا تهب محملة بروائح وملوثات الماء ناحية المناطق السكنية .

التلوث الناتج عن الصناعة

فى ظل التلقدم التكنولوى والثورة الكىمىانىة ظهر العىىء من المركبات الكىمىانىة التى لم تكن معروفة سابقاً ، ومع الزىاءة المستمرة فى الطلب فى ضوء الزىاءة العىىة للسكان و الزىاءة فى متطلبات الفرد ، إزءاء الإنتاج العالمى من الكىمىانىات. أءى كل ذلك إلى إرتفاع الإنتاج السنوى للكىماوىات حوالى 70 ضعفاً خلال أربعىن سنة ، فقد كان الإنتاج العالمى منها حوالى سبعة ملايين طن سنة 1950 وصار حوالى 500 مليون طن سنة 1990. الكثير من نواتج ومخلفات الإنتاج الصناعى ضار بصحة الإنسان ، ولبعض منها مخفزة للأمراض السرطانية ، والبعض من مسببات أمراض الحساسية ، والكثير منها ضار بالكلى والكبد. وقد قءرت أءاءاء المركبات الكىمىانىة التى تفرزها مخلفات الصناعة والمسببة لأضرار صحية بحوالى 35000 مركب كىمىانى.

قء تصبب مخلفات المصانع السائلة فى مجارى الصرف الصحى أو الصرف الزراعى أو فى المجارى العامة للمياه (شكل 31) أو يتم التخلص منها فى مواقع قريبة من مصانعها وتملكها تلك المصانع ، وهذا ما يحدث فى كثير من الصناعات. وفى جمىع الأحوال فإن مخلفات المصانع السائلة تمثل مشكلة تلوث بىنى. فالمصانع التى تلقى بمخلفاتها قريباً منها نصبها عادة فى أبار عميقة ، وكثيراً ما تكون تلك المخلفات مسبباً فى تلوث المياه الجوفية ، وحتى ولو كانت مخلفات للمصنع مواداً صلبة ووضعت فى عبوات محكمة الإغلاق ودفنت بالأرض ، فإنها فى يوم ما سوف تتآكل العبوات من داخلها بفعل ما تحويه من كىماوىات أو من خارجها بفعل عوامل الطبيعة ، وعندئذ يحدث التلوث للتربة والمياه الجوفية. يرى البعض أنه يجب حقن المخلفات السائلة للمصانع إلى أعماق كبيرة تصل إلى 900 متر أو أكثر حتى لا تكون سبباً فى تلوث مستقبلى.

أما إذا ما صبت مخلفات المصانع السائلة في مجارى المياه ، فإنه من الصعوبة تنقية تلك المياه من مخلفات الصناعة ، لإستخدام هذه المياه فى الشرب أو فى الري الزراعى ، ذلك أن المعالجة العادية للمياه تعتمد على فصل المواد الصلبة الراسبة والطافية والمواد العالقة ، ثم تحليل المواد العضوية المتبقية بيولوجيا ثم التطهير لإبادة الكائنات الحية الدقيقة. تبقى بعد ذلك المواد الذائبة والتي ينتج الكثير منها عن مياه الصرف الصناعى.



شكل 31 : أحد المصانع يصب مياه صرفه فى أحد الترع

ونظراً للاختلاف الكبير فى التركيب الكيماوى لمحتوى مياه تخرج الصناعى الناتج عن الصناعات المختلفة ، حيث أن مخلفات صناعة الورق تختلف عن مخلفات صناعة النسيج أو صناعة الدهانات أو صناعة الزيوت والصابون ، ومخلفات صناعة دباغة الجلود تختلف عن مخلفات مصانع الصابون والمنظفات الصناعية ، ومخلفات صناعات التعدين تختلف من معدن إلى آخر ، لهذا كان من الأفضل معالجة مياه الصرف الصناعى محلياً فى كل صناعة على حدة ، على أن لا تصب فى الصرف العام إلا بعد تمام معالجتها ضد ما بها من مواد كيميائية ضارة ، وحتى تكون خالية من الملوثات قبل خروجها من المصنع. فى حالات قليلة تكون المخلفات الصناعية خالية من الملوثات الكيميائية ، وذلك كما فى حالة مياه التبريد ، وهذه يمكن صرفها فى المجارى المائية ولكن يجب مراعاة تبريدها قبل إلقائها حتى لا تحدث بالمياه تلوث حرارى.

صنفت اللائحة التنفيذية لقانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 المشروعات الصناعية إلى قوائم ثلاثة تبعاً لشدة أثارها البيئية ، وهذه القوائم ، قائمة بيضاء وتضم المشروعات ذات الأثار البيئية الضئيلة ، وقائمة رمادية ، وتضم المشروعات ذات الأثار البيئية الهامة ، وقائمة سوداء وتضم المشروعات ذات الأثار البيئية الخطيرة. وفيما يلى بيان ببعض المشروعات الصناعية ذات التأثيرات البيئية الهامة والخطرة والملوثة للبيئة :

- مسابك الحديد والصلب والمعادن غير الحديدية.
- مصانع الصلب والحديد والزر.
- مصانع اللآء الكهربائى .
- مصانع الأفلام وأوراق التصوير الفوتوغرافى ومعامل التحميض .
- مصانع الصمغ الصناعى والغراء.
- مصانع إنتاج لب الورق والورق والكرتون .
- مصانع الغزل والنسيج .

- ورش تصنيع الأخشاب .
- أعمال صباغة المنسوجات .
- معامل تكرير البترول وصناعة البتروكيماويات .
- مصانع الكاوتشوك والبلاستيك .
- منشآت التنظيف والمغاسل .
- صناعة الأوفست .
- مصانع تكرير السكر .
- مصانع تخزين المواد الغذائية.
- للمدايع ومنشآت تصنيع الجلود والأحذية .
- منشآت تصنيع وإنتاج أعلاف الحيوانات والأسمك .
- مصانع الأدوية والكيمائيات .
- مصانع الأسمنت .
- مصانع الصابون والمنظفات ومواد النظافة .
- مصانع إنتاج وإستنباط المبيدات الحشرية .
- المجازر الخاصة بذبح الحيوانات .

من الحوادث الخطيرة التي نتجت عن عمليات صرف صناعي ما حدث باليابان في إبريل سنة 1956 ، عندما صرف أحد المصانع مياهها ملوثة بمركب زئبقى فى مياه خليج ميناماتا وتسبب فى إصابة وموت العديد من الأهالى نتيجة تغذيتهم على أسماك ومحار وورخويات تلوثت بالمركب الزئبقى ، مما كان حافزا على فرض مقاييس صارمة على المصانع بالنسبة لما تصرفه من ملوثات . والحادث الآخر كان من نصيب نهر الراين عندما تسربت إلى مياهه سنة 1980 مواد كيميائية ، أثناء إطفاء حريق فى أحد المصانع السويسرية المطلة على للنهر ، تستخدم فى تصنيع أحد المبيدات وتسببت فى موت مئات الآلاف من الأسماك (شكل 26).

لا تقتصر الأضرار الناتجة عن المصانع على مخلفاتها والتي تصب في البيئة فتلوثها ، ولكن أضرار الصناعة تمتد إلى منتجاتها النهائية والتي يمكن أن تصل إلى مجارى المياه عن طريق الصرف الصحي المباشر ، وذلك كما فى الصابون والمنظفات الصناعية المختلفة المستخدمة منزليا ، وغير ذلك مما يستخدمه الاهالى من منتجات الصناعة.

تعتبر المنظفات الصناعية بأنواعها المختلفة ، السائلة والصلابة ، والتي تشمل منظفات غسالات المنازل والأطباق ، والمنظفات الخاصة بدورات المياه ، والمنظفات المستخدمة فى تنظيف وتلميع الموبيليا والزجاج وغيرها ، من الملوثات الخطيرة نظرا لتواجدها بمياه الصرف الصحي بكميات كبيرة. تختلف المنظفات المختلفة الموجودة بالأسواق فى تركيباتها ، فهى تحتوى على مواد مستحلبة وأخرى حافظة للألوان ، وقد تحتوى على مبيضات لو مزيلات للون ، كما قد تحتوى على إنزيمات لتحليل المواد العضوية. كثير من محتويات تلك المنظفات يقاوم التحلل والكثير يحتوى على مواد فوسفاتية ضارة بالصحة. تصل هذه المنظفات إلى مياه الأنهار فتظهر على سطوح مياهها رغاوى تعزل الماء عن الأكسجين الجوى وبذلك تضر بأحياء الماء. إضافة إلى ذلك فإن المنظفات الذائبة فى الماء تعود إلينا مع ماء الشرب ، ذلك أن عمليات الترسيب والترسيح والتطهير التى تتبع فى تنقية المياه لا تحجز المنظفات الصناعية عنها. ففى سنة 1960 قدر ما يصل جوف الإنسان المقيم بإتجلترا من منظفات بحوالى خمسة ملايين ليتر يوميا ، ثلاثة منها تصله مع ماء الشرب والباقى يتناوله مع ما يتبقى بالأنية المستخدمة فى إعداد وتناول الطعام بعد غسلها بالمنظفات . وقد سبق أن نبهنا فى كتاب سابق* عن خطورة إستخدام المنظفات الصناعية فى غسل المأكولات وخاصة الخضروات الورقية بالمنظفات الصناعية لأنها تمتص فى أنسجة النبات ولا يسهل غسلها بعد ذلك بالماء الجارى.

* التلوث المنزلى سنة 1999 للمؤلف.

الجزء الثالث

الأثار العامة للتلوث البيئي

التأثير الصوبى

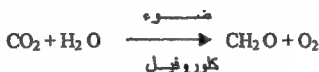
يقصد بالصوبة ، البيت الزجاجى greenhouse الذى يستخدم فى تنمية النباتات المحبة للحرارة ، عندما نرغب فى تميمتها تحت ظروف حرارية جوية باردة لومائلة للبرودة ونشاهد الصوب بكثرة فى الحدائق النباتية بالبلاد الباردة حيث تنمى بها النباتات الإستوائية وشبه الإستوائية طوال العام ، وتُشاهد فى بلادنا حيث تنمى بها عادة نباتات الخيار والطماطم والفراولة والكنتلوب خلال فصل الشتاء ، ونشاهدها فى المشاتل لتربية بعض النباتات فى أطوار نموها الأولى ، ذلك أن الزجاج يسمح بمرور الأشعة الشمسية المضيئة إلى الداخل ويمنع خروج كثير من الأشعة المرتدة ثانية إلى الخارج ، وبذلك تزداد الحرارة داخل الصوبة مقارنة بالحرارة خارجها. هذا ما نلاحظه أيضا فى السيارات المغلقة خاصة قرب الزجاج الساقط عليه أشعة الشمس.

التأثير الصوبى greenhouse effect * ظاهرة من فعل الإنسان وتعزى إلى ما يبته الإنسان فى الجو من بعض الغاز ومنها ثانى أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والميثان والأوزون فى الطبقة السفلى من الجو والمركبات الكلوروفلوروكربونية.

غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الجو بنسبة ضئيلة مع غيره من الغازات ذات التأثير الصوبى ، تؤثر فى حرارة الجو بالكيفية التى يؤثر بها الزجاج على حرارة الجو داخل الصوب الزجاجية ، فهذه الغازات تسمح للأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية بالمرور من الفضاء الخارجى إلى جو الأرض مسببة فى إرتفاع حرارة الجو وسخونة سطح الأرض ، مما يتسبب فى وجود إشعاعات حرارية تحت حمراء تحجزها غازات ثانى أكسيد الكربون والغازات الأخرى من الإرتداد إلى الفضاء الخارجى ، فينتج عن ذلك زيادة تدرجية فى حرارة الجو.

* يطلق بعض الكتاب على التأثير الصوبى بصطلاحات أخرى منها التسخين الشامل والإحتباس الحرارى والإحترار العالمى.

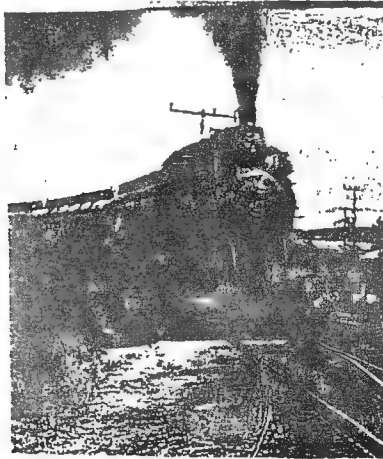
ثانى أكسيد الكربون هو ناتج طبيعى لتنفس معظم أحياء الأرض نباتية كانت أم حيوانية ... برية كانت أم مائية ، فهو ناتج هدمى للتحويل الغذائى بالكائنات الحية. أى أن تنفس الكائنات الحية يتسبب فى زيادة مستمرة لهذا الغاز ، نتيجة لما نقوم به من تحليل للأغذية العضوية التى نتناولها أو نكونها للحصول على طاقة تمكنها من القيام بكافة نشاطاتها. إلا أن النباتات تقوم فى نفس الوقت بعملية عكسية يتسبب فى إستهلاك الزيادة الناتجة من غاز ثانى أكسيد الكربون بفعل التحويل الغذائى للهدمى لمختلف الأحياء ، تعرف بعملية التمثيل الغذائى الضوئى حيث تحتاج إلى الضوء لإتمامها ، كما تعرف بعملية التمثيل الكلوروفيللى حيث تحتاج أيضاً إلى مادة الكلوروفيل الخضراء ، والمميزة للنباتات ، لإتمامها ، وهى عملية تحول غذائى نباتى ، وفيها يقوم النبات بتكوين مولد عضوية بسيطة من غاز ثانى أكسيد الكربون والماء ، حيث تتكون المادة العضوية الأولى من عناصر الكربون والإيدروجين والأكسوجين



يوجد غاز ثانى أكسيد الكربون طبيعياً فى الجو ، قبل حدوث التلوث البيئى الناتج عن حرق الوقود الحفري بمعدل 0.028% ، وهو بهذه النسبة يلعب دوراً ضئيلاً فى التأثير على حرارة الجو ، ولكن منذ ما يزيد عن مائة عام ، أى مع قيام الثورة الصناعية ، والتى بدأت فى إنجلترا مستخدمة الفحم للتدفئة ولتسيير المحركات البخارية بدأت معدلات هذا الغاز بالجو فى الزيادة تدريجياً ، مع عدم قدرة النباتات خلال عمليات التمثيل الضوئى فى سحب كل تلك الزيادة ، مما تسبب عنه تصاعد مستمر فى نسبة الغاز بالجو ، وتقدر الزيادة الحالية لهذا الغاز بحوالى 0.02% إلى 0.04% سنوياً. وهناك اعتقاد بأن حوالى نصف كميات الغاز الزائدة سنوياً تمتص بواسطة النبات وفى مياه المحيطات. ففى إحدى الدراسات قدرت كميات غاز ثانى أكسيد الكربون التى إمتصتها مياه المحيطات خلال الفترة من عام 1958 حتى عام 1980 ، فوجد أنها تعادل 26-34% من الكربون الحفري الذى أحرق خلال نفس

الفترة. الزيادة المستمرة في معدلات ثاني أكسيد الكربون بالجو تتسبب في زيادة التأثير الصوبى على جو الأرض، أى في زيادة إرتفاع حرارة الجو.

ويتسبب الإرتفاع في درجة حرارة الجو في الإقلال من قدرة مياه المحيطات والبحار على إذابة غاز ثانى أكسيد الكربون وبالتالي فإن ذلك سوف يؤدي إلى إنطلاق جزء من مخزون هذا الغاز بالمياه إلى الهواء الجوى ثانية ، خاصة عند وصول نسبة الغاز في الماء إلى درجة التشبع أو قريبا منها ، وهذا سيكون سبباً في حدوث زيادة تالية من غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو وإرتفاع آخر في حرارة جو الأرض .



شكل 32 : وسائل النقل تبت عوادمها في الجو

نتجت معظم الزيادة في معدلات ثاني أكسيد الكربون بالجو إلى حرق الوقود الحفري من فحم وبترول وغازات طبيعية للحصول على طاقات لتشغيل المصانع ومحطات توليد الكهرباء ورفع المياه وتسيير المركبات ، ولا ننسى في هذا المجال ما تفعله حوالي ثمانمائة مليون سيارة تجرى على سطح الأرض في طرقات ممهدة وغير ممهدة بخلاف الطائرات والقطارات (شكل 32)

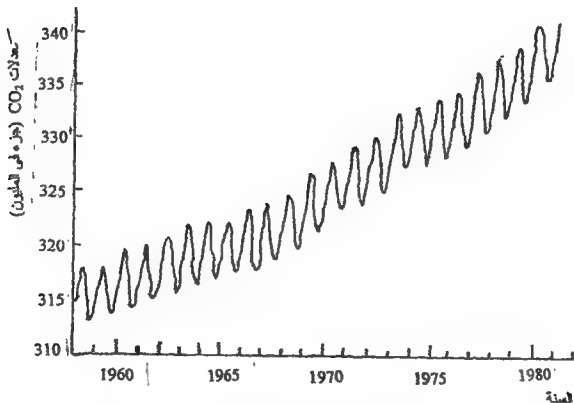
حرق الوقود الحفري ليس هو العامل الوحيد في ارتفاع معدل غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو ، فهناك عوامل أخرى ساهمت في إزدياد هذا المعدل ، نذكر من ذلك الرعى الجائر الذي أدى إلى زحف الصحراء في كثير من الدول الإفريقية والعربية، وكذلك التوسع الكبير في المدن والقرى نتيجة للإنتفاجار السكاني وما يتبع ذلك من التوسع في شبكات الطرق ويتم ذلك غالبا على حساب ما يقطع من أراضي زراعية وغابات طبيعية. كما أن كثيرا من أراضي الغابات تحولت إلى أراضي زراعية. ينتج عن كل ذلك الإقلال من المجموع الخضري الكلي للنباتات المنزرعة والمنتشرة طبيعيا على وجه الأرض ، والتي تعمل على سحب جزء كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعد إلى الجو بفعل التنفس وحرق الوقود. وفي تقدير لهيئة الأمم أن ما يزيد عن ستة ملايين هكتار من المراعي تتحول إلى أراضي صحراوية سنويا ، وأن ما يزيد عن أحد عشر مليون هكتار تدمر من الغابات سنويا ، بخلاف ما يسببه زحف المدن وإنشاء الطرقات في إنتزاع الكثير من الأراضي الزراعية. تدمير الغابات يزيد من معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو بوسيلتين ؛ الأولى أن الغابات تمتص كميات من هذا الغاز تزيد كثيرا مما تمتصه المراعي والنباتات الحقلية من نفس مساحة الأرض ، فأشجار الغابات تثبت حوالي 1-2 كيلوجرام كربون لكل متر مربع سنويا مقابل أقل من 0.5 كيلوجرام/م² للمحاصيل الحقلية ، والثانية أن خشب أشجار الغابات المقلعة غالبا ما يحرق أو يتحلل بفعل الأحياء الدقيقة وبالتالي فإنه يساهم في زيادة ثاني أكسيد الكربون بالجو. ويقال إن للأرض رنتين يساهمان في تخليص الهواء الجوي من الزيادة في ثاني أكسيد الكربون هما النباتات وبخاصة الغابات والمحيطات ذات الطاقة العالية على إمتصاص الغاز ، وكلتا الرنتين معرضتين للتلف مما يؤثر على تنفس الأرض.

جدول 5 : أكبر عشرة دول بثا لغاز ثنائي أكسيد الكربون الناتج
عن حرق الوقود الحفري سنة 1994

الدولة	مقدار الغاز (مليون طن)	نصيب الفرد (طن)
الولايات المتحدة الأمريكية	1371	5.3
الصين	835	0.7
روسيا	455	3.1
اليابان	299	2.4
ألمانيا	234	2.9
الهند	222	0.2
المملكة المتحدة	153	2.6
أوكرانيا	125	2.4
كندا	116	4.0
إيطاليا	104	1.8

تقدر الزيادة السنوية في غاز ثنائي أكسيد الكربون بالجو بحوالي 0.6 جزء في المليون بمعنى أنه خلال مائة عام سوف تزداد نسبة الغاز بالجو حوالي 60 جزء في المليون. من ذلك نرى أن تركيز ثنائي أكسيد الكربون كان قبل الثورة الصناعية سنة 1760 ، 280 جزء في المليون (0.028%) ولصبح سنة 1980 ، 350 جزء في المليون (0.035%) ، ومن المتوقع أن يصل إلى حوالي 400 جزء في المليون سنة 2000 . ومن حيث الكم فقد وجد أن كميات هذا الغاز التي تنفث في الجو قد زادت من حوالي ستة آلاف بليون طن سنة 1950 إلى حوالي ثمانية عشر ألف بليون طن من الأطنان سنة 1980 ، أي أنها قد تضاعفت ثلاثة مرات خلال ثلاثين عاما على مستوى الكرة الأرضية. مستويات تصاعد هذا الغاز ليست واحدة في مختلف مناطق العالم ، فبينما تضاعف الناتج من غاز ثنائي أكسيد الكربون خلال تلك الفترة في أمريكا الشمالية ، نجد أنه قد صار سبعة أمثاله في كثير من الدول النامية خلال نفس الفترة ومع ذلك فإن الدول الراقية تعتبر مسئولة على أقصى بث للغاز على

مستوى العالم ، خاصة إذا تم حساب ذلك على أساس نصيب الفرد في ذلك ، هذا ومن الملاحظ أن معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو ليست ثابتة على مدار العام ، حيث تصل إلى أقصى ارتفاع لها عقب فصل الشتاء ، أي حوالي شهر أبريل في نصف الكرة الشمالي ، كما تصل إلى أدنى إنخفاض لها في نهاية فصل الصيف ، أي في سبتمبر وأكتوبر ، ويرجع ذلك إلى تأثير الغطاء النباتي الأخضر في سحب هذا الغاز من الجو حيث يزداد النشاط الفسيولوجي للنباتات خلال أشهر الربيع والصيف ويقل خلال الخريف والشتاء (شكل 33).



شكل 33 : قياسات لمعدلات غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو في هاواي في الفترة من 1958 حتى 1981 تبين الارتفاع المستمر في معدلات الغاز وتذبذباته السنوية

تساعد غاز ثاني أكسيد الكربون عند إحتراق الوقود الحفري سوف يكون أحد
و أهم الأسباب المؤدية إلى إرتفاع حرارة جو الأرض. ما مدى الإرتفاع المتوقع ؟
وما الأضرار التي نخشاها نتيجة ذلك الإرتفاع المتوقع ؟

للإجابة على ذلك نقول أن هناك رايان ، راي متشائم وآخر متفائل. ولنبدأ
بالمتشائم وننتهى بالمتفائل ، عسى أن تكون النظرة الختامية تفاؤلية ، خاصة أن
عوامل البيئة المؤثرة على حرارة الجو وبيرونته عوامل متعددة وليست عاملا
واحدا، هو غاز ثاني أكسيد الكربون وبعض الغازات الأخرى ، وأن الآراء المتفائلة
تعتمد كثيرا على عوامل البيئة مجتمعة.

يرى المتشائمون أن الزيادة المتوقعة فى درجة حرارة الجو متصل إلى حوالى
سنة درجات مئوية بنهاية القرن الحادى والعشرين ، أى أن متوسط حرارة الكرة
الأرضية سيرتفع من 15°م لتصل إلى 21°م . هذه الحرارة سوف تزداد عند
القطبين وتقل عند خط الإستواء . لماذا تحدث أكبر زيادة حرارية عند القطبين ؟
تعليل ذلك أن بخار الماء الموجود فى الهواء الجوى يمتص طبيعيا كميات كبيرة من
الأشعة الحرارية ، أى من الأشعة تحت الحمراء ، وبالتالي فإن الأماكن التى تزداد
فيها معدلات الرطوبة الجوية تقل فيها معدلات الزيادة الحرارية ، وحيث أنه عند
قطبي الأرض حيث البرودة شديدة يكون الجو صافيا جافا ، وبالتالي يكون أكثر
عرضة للإرتفاع الحرارى بالتأثير الصوبى. كذلك فإن سيلان بعض الجليد نتيجة
للإرتفاع الحرارى سوف يتسبب فى حدوث زيادة جديدة فى الإرتفاع الحرارى
للقطبين ، ذلك أن الجليد كان عاكسا لكثير من الأشعة الشمسية ، أما الماء المسال
عن الجليد فقد أصبح ممتصا لتلك الأشعة.

غاز ثانى أكسيد الكربون ليس الغاز الوحيد المسبب للتأثير الصوبى ، لكنه المؤثر الأكبر فى حدوث التسخين ، فالزيادة فى هذا الغاز تتسبب فى 50 % من التأثير الصوبى . باقى التأثير الصوبى ينتج عن تصاعد غازات أخرى متعددة ، فى مقدمتها غاز الميثان ومركبات الكلوروفلوروكربون وأكاسيد النيتروجين . رغم أن الميثان والأكاسيد النتروجينية توجد فى الجو بكميات تقل كثيرا عن غاز ثانى أكسيد الكربون ، إلا أنها ذات قدرة على حجز الأشعة الحرارية بدرجة تفوق قدرة ثانى أكسيد الكربون ، فقدرة الميثان فى ذلك تعادل 25 مرة قدرة ثانى أكسيد الكربون وقدرة الأكاسيد النتروجينية تعادلها 259 مرة . يساهم غاز الميثان بحوالى 18% من التأثير الصوبى ، وينتج طبيعيا من البراكين ويخرج ضمن غازات البترول وعند تحضر المواد العضوية وضمن الغازات المنطلقة من معظم الكائنات الحيوانية عند تحلل مخلفات هضم المواد العضوية لا هوائيا فى جهازها الهضمى . وفى أحد الدراسات قدر أن ما يزيد عن 50 % من الميثان المنطلق فى الجو ينتج عن التحلل البكتيرى اللا هوائى للنباتات كما يحدث هذا التحلل فى أمعاء الحيوانات المجتررة وفى الجهاز الهضمى لحشرات النمل الأبيض.

تساهم غازات أكاسيد النتروجين فى حوالى 6 % من التأثير الصوبى وتنتج تلك الغازات طبيعيا فى الجو عند حدوث عواصف برقية حيث يتحد نتروجين وأكسوجين الجو معا ، كما تثبت هذه الغازات عند حرق الوقود وينتج عن بعض الأسمدة كالبوريا والنتراتات ، وتقدر الكمية المنطلقة منها فى الجو بحوالى 5 مليون طن سنويا . كما تساهم أكاسيد النتروجين فى رفع حرارة الجو فهى أيضا من العوامل المدمرة لمنطقة الأوزون.

مركبات الكلوروفلوروكربون تعتبر من أقوى المركبات تأثيرا فى منع فقد الحرارة من الأرض ، فقدرتها على ذلك تزيد عن قدرة غاز ثانى أكسيد الكربون بحوالى عشرين ألف مرة ، إلا أنه نظرا لوجودها فى الجو بكميات ضئيلة جدا

مقارنة بغاز ثاني أكسيد الكربون الذي تزيد كمياته بالجو حوالى 35 ألف مرة قدر الكلوروفلوروكربون بالجو ، لهذا فإنه يساهم بحوالى 14% فى التأثير الصوبى للجو . لم تكن المركبات الكلوروفلوروكربون موجودة فى جو الأرض منذ 150 سنة، ولكنها إزدادت بسرعة بعد إكتشافها ، ويرجع ذلك إلى دخولها فى عديد من الصناعات.

بعض الغازات الأخرى تساهم بالنسبة الباقية والتي تقدر بحوالى 12% من التأثير الصوبى ، من هذه الغازات الأوزون الموجودة فى الطبقات السفلى من جو الأرض ويتكون عادة قريبا من محطات توليد الكهرباء . كذلك فإن بخار الماء فى الجو يساهم فى تقليل الفقد الحرارى من سطح الأرض.

معظم الغازات المتصاعدة فى الجو والمنسببة فى التأثير الصوبى لا تبقى طويلا فى جو الأرض إذ أنها سرعان ما تتحلل أو تتفاعل إلى مركبات أخرى ، أضعف أثرا ، إلا أن البعض مثل مركبات الكلوروفلوروكربون تبقى فى الجو لعدة مئات من السنين مساهمة أثناءها فى التأثير الصوبى للجو كما تؤثر أيضا فى إتساع ثقب الأوزون.

يعتقد المتشائمون أن غاز ثاني أكسيد الكربون ، المؤثر الرئيسى فى التأثير الصوبى ، سوف يزداد عن التركيز الحالى والمقدر بحوالى 370 جزء من المليون وسوف يصل إلى 560 جزء من المليون فى النصف الثانى من القرن الحادى والعشرين ، مما ينتج معه إسالة كميات كبيرة من جليد القطبين ، وخاصة جليد القطب الجنوبي ، مما سيؤدى إلى زيادة مياه البحار والمحيطات ليزيد عن مستوى الماء الحالى بحوالى 25 إلى 140 سنتيمتر . وفى تقدير لبعض العلماء أن مستوى سطح البحر يرتفع بمعدل حوالى سنتيمتر واحد كل أربعة سنوات . إن الزيادة المتوقعة سوف تتسبب فى غرق كثير من الموانئ والأراضى المنخفضة ، وكلما

زاد إرتفاع الماء زادت الأراضي الغارقة. القطب الجنوبي قائم فوق اليابسة التي تكون القطب الجنوبي (شكل 36) وتعلوه أكبر كمية من الجليد العالمي، في حين أن القطب الشمالي عبارة عن محيط مائي ومعظمه جليد في الماء ، لهذا فإن إنصهار جليد القطب الشمالي المغمور بنسبة كبيرة في الماء سيكون تأثيره ضعيف على إرتفاع منسوب مياه المحيطات والبحار في حين أن إنصهار جليد القطب الجنوبي الذي يعلو اليابسة سوف يكون تأثيره واضحا.

إضافة إلى أضرار للتأثير الصوبي على إرتفاع مستوى ماء البحار والمحيطات وغرق بعض الأراضي الساحلية ، فإن البعض يرى أن إرتفاع الحرارة بمقدار ثلاثة درجات مئوية عن الوضع الحالي والمتوقع حدوثه سنة 2100 ستزيد من الطاقة الممرضة لحشرة البعوض في المناطق الحارة بمقدار الضعف ، وفي المناطق المعتدلة بمقدار عشرة أضعاف ، أي أن الظروف المواتية لإنتشار الملاريا ستزداد وسوف تنتشر في حوالي 60 % من أراضي العالم مقارنة بإنتشارها حاليا في حوالي 45 % من العالم . كذلك فإن التغييرات المتوقعة في حرارة الجو وفي زيادة تساقط الأمطار ستزيد من إنتشار مرض البلهارسيا.

وقد أكد آل جور نائب الرئيس الأمريكي وهو من علماء البيئة في حديث له خلال أغسطس سنة 1998 أن شهر يولية سنة 1998 كان أعلى شهور يولية حرارة خلال 120 سنة السابقة ، مما يؤكد ، في نظره ، التأثير الصوبي.

الرأي الآخر ، وهو للرأي المتقاتل ، يعتقد بأن المستوى الحالي لغاز ثاني أكسيد الكربون يجعل الجو غير منفذ للأشعة تحت الحمراء المرتدة من سطح الأرض ، بمعنى أن أية زيادة أخرى في نسبة هذا الغاز بالجو لن يكون لها تأثير إضافي في رفع حرارة الجو عن الوضع الحالي ، وإذا كانت هناك زيادة في حرارة الجو فإنها لن تتعدى 1.5 °م خلال مائة سنة . حتى لو حدثت تلك الزيادة المحتملة بفعل التأثير

التأثير الصوبى لغاز ثانى أكسيد الكربون فإنها سوف تتسبب فى إرتفاع معدلات بخر الماء كما يحدث حاليا فى المناطق الإستوائية ، وذلك سيؤدى إلى كثرة تكوين السحب وزيادة كثافتها ، وهذا سوف ينتج عنه حجب لضوء الشمس عن الوصول إلى الأرض ، وبالتالي سيؤدى ذلك إلى إنخفاض درجات حرارة الأرض ثانية.

زيادة عما سبق فإن المتفائلين يرون أيضا أن ثوقود الحفرى ، الذى تعزى إليه معظم أسباب التأثير الصوبى من غازات ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروجين وغيرها سوف تتناقص تدريجيا فى السنوات القادمة إذ أنه وقود غير متجدد ، وسيكون الغاز الطبيعى أولها نفاذا يليه البترول ثم الفحم وخلال تلك الفترة سيقل إستخدام الثوقود الحفرى تدريجيا وسوف تحل محله أنواع من الطاقات الغير مؤثرة على التسخين الشامل للجو ، من ذلك الإستخدام المباشر لطاقة الشمس وحركة الرياح وخاصة المد والجزر وحرارة جوف الأرض وغاز الإيدروجين والطاقة النووية.

كذلك فإن المتفائلين يرون أننا نسير فى إتجاه حدوث برودة جوية طبيعية ، ذلك أن حرارة جو الأرض تتغير صعودا وهبوطا فى ثلاث دورات طبيعية تنتج عن حركة الأرض فى الفضاء ، محدثة لثناءها تغيرات فى الأشعة الشمسية الواصلة إلى الأرض وذلك على النحو التالى :

1 - يتغير محور دوران الأرض حول الشمس والذى يستغرق سنة كاملة ، من محور إهليلجى إلى محور دائرى تقريبا . تستغرق الدورة من أقصى مدار إهليلجى إلى مدار دائرى تقريبا ثم العودة إلى أقصى مدار إهليلجى حوالى مائة ألف سنة . وفى أقصى مدار إهليلجى يزداد الفروق بين الفصول أى تزداد البرودة شتاء وتزداد الحرارة صيفا . وفى المدار الدائرى تكاد تنتظم حرارة الجو طول العام ونحن فى وقتنا الحالى نتجه سنة بعد أخرى إلى زيادة فى المدار الإهليلجى ، أى أننا نتجه نحو عصر جليدى .

2 - يتغير ميل محور دوران الأرض حول نفسها ، والذي يستغرق 24 ساعة ، وتستغرق الدورة من أقصى انحراف عن الوضع الرأسى (الممتد من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى) إلى أقل انحراف عن الوضع الرأسى ثم ثانية إلى أقصى انحراف حوالى 41 ألف سنة. الانحراف للقليل يقلل الفروق الحرارية بين فصول السنة والانحراف الكبير يزيد من الفروق الحرارية بين الصيف والشتاء، وحاليا فإن الأرض تتجه نحو الإقلال من انحرافها سنة بعد أخرى ، فقد حدث أقصى انحراف لها منذ تسعة آلاف سنة.

3 - تذبذب الأرض فى محور دوراتها حول الشمس بفعل جاذبية كل من القمر والشمس على منطقة إستواء الأرض ينتج عنه تكبير فى وقت تعامد الشمس على خط إستواء الأرض أو ما يعرف بتقديم الاعتدالين procession of equinoxes سنة بعد أخرى. فى الوقت الحالى تكون الأرض أقرب ما يمكن للشمس خلال شهر يناير وبعد حوالى عشرة آلاف سنة سوف تكون أقرب ما يمكن خلال شهر يولية ، وتستغرق الدورة الكاملة للشمس لتعود أقرب ما يمكن مرة أخرى فى شهر يناير حوالى 23 ألف سنة. زيادة بعد الأرض عن الشمس خلال الصيف يعنى جو أبرد.

تعمل تلك الدورات الثلاثة على إحداث تغييرات فى كميات الحرارة الواصلة من الشمس إلى مختلف أجزاء الأرض فى أوقات السنة المختلفة ، لكن مجمل كمية الحرارة الواصلة لكل الأرض خلال العام لا تتغير. خلال المليون سنة الماضية تعرضت الأرض إلى عشرة عصور جليدية رئيسية وأربعون عصرا جليديا ثانويا. يستمر العصر الجليدى الرئيسى حوالى عشرة آلاف سنة يتبعها تسعين ألف سنة دفيئة ، ونحن حاليا فى نهاية فترة دفيئة وعلى أبواب عصر جليدى.

بتحليل العوامل السابقة مجتمعة يتضح ، فى رأى المتفائلين أننا فى اتجاه عصر جليدى فى نصف الكرة الشمالى ، وهو النصف الذى تقع فيه معظم القارات ، خلال عشرة إلى عشرين ألف سنة ، أى أن هناك اتجاه لحدوث إنخفاض حرارى تدريجى، مما سيققل أو يلغى فعل التأثير الصوبى المتوقع .

كذلك فقد لوحظ وجود دورات مناخية أخرى قصيرة تحدث كل 180 سنة ، وقد حدثت البرودة في الجو في أوائل القرن التاسع عشر ، وكان من المتوقع أن يكون عقد الثمانينات في القرن العشرين باردا ، ولكن حدثت البرودة في عقد السبعينات ثم كان الجو في الثمانينات دافئا ، ويعتقد أن هذا الاختلال يرجع إلى غازات التأثير الصوبى . كذلك فإنه تحدث تغييرات شمسية يومية وشهرية تؤثر على جو الأرض ، من ذلك حدوث دورات للبقع الشمسية كل 11 سنة . ففي المائة سنة الأخيرة لزيادة النشاط الشمسى في الفترة من 1880-1940 فارتفعت درجات حرارة الجو ، ثم قل النشاط الشمسى في الفترة من 1940-1960 فابتخفضت الحرارة ، ومن السبعينات إلى الثمانينات نشطت البقع الشمسية فارتفعت الحرارة .

مما سبق يتضح لنا تعدد العوامل المؤثرة على جو الأرض ، مما يجعل التنبؤ صعبا للغاية ، لهذا كانت الآراء متضاربة حول مدى للتأثير الصوبى على جو الأرض ، ونظرا لإحتمال صحة رأى القائل بارتفاع متوسط في درجات الحرارة يؤدي إلى ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات وغرق مساحات كبيرة من الأراضي الساحلية ، فإن الرأى العالمى إتجه للعمل على تقليل إنبعاث الغازات المؤثرة والإقلال من عمليات إزالة الغابات ، بل يجب الدعوة إلى زراعة أشجار الغابات والمحاصيل معا agro-foresting والتوسع في زراعة أشجار سريعة النمو في قرى الدول النامية .

الأمطار الحامضية

الأمطار الحامضية هي أحد الآثار العامة الناتجة عن التلوث البيئي ، والتي تسبب في حدوثها حرق الوقود الحفري على نطاق واسع للحصول على طاقات لازمة لتشغيل محطات توليد الكهرباء ومختلف الصناعات والتدفئة والتوسع في استخدام وسائل النقل الميكانيكية من دراجات بخارية وسيارات وقطارات وطائرات، وما ينبعث عن كل ذلك ، أثناء التشنيل من غازات ينتج عنها أحماض .

تقدر الحموضة بمقياس يعرف برقم pH وهو مقياس يبدأ من رقم 0 وينتهي برقم 14 ، ويعتبر الرقم 7 من هذا المقياس هو رقم التعادل. الأرقام التي تقل عن رقم 7 تمثل الحموضة ، وتزداد درجة الحموضة كلما قل الرقم . الأرقام التي تزيد عن 7 تمثل القلوية ، وكلما زاد الرقم زادت درجة القلوية. الماء المقطر درجة حموضته 7 ، أى أنه متعادل ، أما ماء المطر الطبيعي فيميل قليلا إلى الحموضة نظرا للوجود الطبيعي لبعض الغازات المكونة لأحماض بالجو مثل غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين ، والأخيرة تنتج عن إتحاد غازى النتروجين والأكسجين بالجو المكونين الرئيسين للهواء الجوى عند حدوث عواصف رعدية



وتعتبر درجة pH 5.6 بالنسبة لمياه الأمطار حموضة طبيعية ، أما إذا قل رقم الحموضة عن ذلك كان كان 4.6 ، كما يحدث في متوسط الأمطار بشمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية فتعتبر هذه أمطارا حامضية.

تنتج الأمطار الحامضية عندما تتحول أكاسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين الموجودة بالجو والنااتجة عن النشاط الصناعى للإنسان إلى أحماض مثل أحماض الكبريتوز والكبريتيك والنتروز والنتريك عندما تذوب في بخار الماء ، وتسقط إلى الأرض في صورة أمطار أو ثلوج أو تعلق في الجو في صورة ضباب أو في

المحب. وعادة ما تهاجر تلك الغازات أو قطرات الأحماض ، بعض تريح ، مثبات الكيلومترات قبل سقوطها للأرض. تنكف الأمطار الحامضية مياه البحيرات وتضر بالغابات والمباني وتقلل مدى الرؤية ، كما تضر بأحياء الماء وبصحة الإنسان.

تظهر الأمطار الحامضية بوضوح فى المناطق الصناعية بنصف الكرة الشمالى فى دول أوروبا وأمريكا ، وفى المناطق التى تقع فى إتجاه الريح القادمة من المناطق الصناعية . فى أمريكا الشمالية لم يبق من مياه البحيرات الكبيرة الواقعة قرب سواحل الولايات المتحدة الأمريكية والبالغ مساحتها 8660 كيلومتر مربع إلا أقل من 3 % فقط صالحة للشرب والإستحمام نتيجة لحموضة مياهها.

تتسبب سقوط الأمطار الحامضية على التربة الزراعية فى زيادة نوبان كثير من أملاح التربة ، ومنها أملاح الألومنيوم والكالسيوم والمغنسيوم والمنجنيز والحديد والرصاص والنحاس واليورون والزنق والزنك ، ثم إنتقال تلك الأملاح الذائبة من التربة إلى المياه الجوفية فالأنهار والبحيرات مما يؤدى إلى زيادة حموضتها وزيادة معدل ما بها من أملاح ، والتى قد تكون زيادتها ضارة بصحة الإنسان إذا ما وصلت مع مياه الشرب كأملاح الرصاص والزنق واليورون والزنك . كذلك فإن زيادة هذه الأملاح بالماء تؤثر تأثيراً ضاراً بأحياء الماء من بلانكتونات * وأسماك وغيرها . كذلك فإن إذابة بعض معادن التربة المغذية للنباتات مثل الكالسيوم والمغنسيوم والمنجنيز والتى قد تفقد فى المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعى ، مما ينتج عنه إفتقار التربة فى تلك العناصر الضرورية للنمو الطبيعى للنباتات مع زيادتها فى المياه . كذلك فإن الأمطار الحامضية قد تحدث أضراراً بالتربة والأحياء النباتية والحيوانية بها نتيجة لإرتفاع معدلات العناصر الثقيلة الذائبة كالرصاص والكاديوم

* للبلانكتونات plankton هى كائنات حية لا تتحرك حركة ذاتية لو تتحرك حركة ضعيفة لا تمكنها من مقاومة التيارات المائية ، وتعرف أيضاً بالعوالق المغنية.

والزنك والكروم والحديد والزرنيخ والنحاس والتي تتحول بفعل حموضة التربة من أملاح غير قابلة للذوبان في الماء إلى أملاح تذوب في الماء. وقد تصل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة بفعل حموضة التربة إلى ماء الشرب محدثة إرتفاع في درجة عسر الماء.

تسبب حموضة الماء وإرتفاع محتواها من عناصر ثقيلة ذائبة أضرار صحية للأسماك والقشريات والمحارات وإرتفاع معدلات ما بها من معادن ثقيلة ضارة بالمتغذى على تلك الأحياء المائية. ونظرا لأن معظم الأحياء المائية قد تأقلمت للمعيشة على نطاق ضيق من درجات الحموضة (pH)، لهذا فإن التغيير في حموضة الماء كثيرا ما تكون قاتلة لأحياء الماء، فعندما تقل درجة حموضة الماء عن 5.6 تموت أجنة سمك السلمون، والفقس الذي ينتج عن بعضها يكون نموه غير طبيعي، كما يتأثر نمو السمك البالغ فيكون أصغر حجما ويصبح رحلته في الأنهار ضد التيار غير ميسرة، وإذا عاش الرحلة فإن إنتاجه من البيض يقل عن المعدل. تؤثر أيضا حموضة الماء الزائدة على نمو الكائنات الدقيقة المائية من بكتيريا وبلانكتونات، مما يؤثر بالتالي على نمو وتكاثر أحياء الماء التي تعتمد في تغذيتها على البلانكتونات.

تظهر آثار الأمطار الحامضية على الجهاز التنفسي للإنسان، فكثيرا ما يؤدي الضباب الحامضي إلى تكوين الضباب الدخاني المعروف بالضبخن smog، الذي يحدث عند ظهور شبورة كثيفة في المدن التي تستخدم الفحم في التدفئة وفي المدن الصناعية والمزحمة بحركة السيارات. وعموما فإن إحتراق الوقود سواء للتدفئة أو للاستخدام كطاقة تشغيل تساعد على ظهور الضبخن. وتؤدي كثافة الضبخن بالجو إلى صعوبة الرؤية نتيجة لكثافة جسيمات الملوثات بالجو، كما تؤدي إلى تقليل مقاومة الجهاز التنفسي للأمراض، فتكثر جسيمات الملوثات بالجو، كما تؤدي إلى تقليل مقاومة الجهاز التنفسي للأمراض، فتكثر حالات الربو والتهابات الشعب الهوائية. وقد تسبب ظهور الضبخن في جو مدينة لندن سنة 1952 إلى وفاة

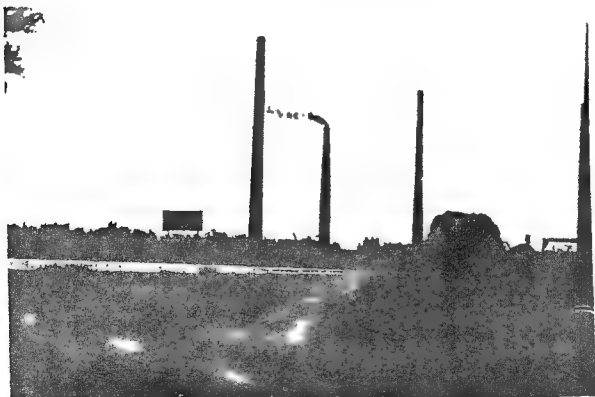
ما يقرب من أربعة آلاف شخص لإصابتهم بأمراض تنفسية ، كما أدى ظهور الضبخن في أنقرة سنة 1989 إلى تعطيل الدراسة لمدة يومين.

تضرر الأمطار الحامضية بالنباتات ضررا بالغاً مقللة من نموها ومتسببة في جفاف وموت للأفرع والأوراق ، وعادة ما يبدأ الموت من الأطراف die-back ، ويمتد الموت من الأطراف إلى أسفل الفروع والسيقان ، كما حدث في أشجار الغابة السوداء بفرنسا وغيرها من دول أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا ، حيث جردت كثير من الأشجار من أوراقها (شكل 34) . تضرر الأمطار الحامضية بكثير من المحاصيل مثل الذرة والقمح والأرز مسببة إحترقا لأوراقها وإقلالا في إنتاجيتها.



شكل 34 : تأثير الأمطار الحامضية على أشجار غابة في ألمانيا

قُدرت نسبة الأضرار الناتجة عن الأمطار الحامضية على أوراق أشجار الغابات بألمانيا فوجدت أنها حوالي 34 % سنة 1983 ، إزدادت بعد ذلك فصارت 50 % سنة 1985 ، في حين أنه لم تكن هناك دلائل على وجود أية أضرار على الأشجار من أمطار حامضية سنة 1970. وقد بينت الدراسة الحديثة أن حوالي 2.5 مليون كيلومتر مربع (حوالي 600 مليون فدان) من غابات كندا الشرقية قد أضررت بفعل الأمطار الحامضية. وهذا لا يمنع من أن بعض النباتات التي أصابتها الأمطار الحامضية قد تحسن نموها مثل أشجار الصنوبر الراتنجي pitch pine وأشجار البيسية الحمراء red spruce ، وقد يرجع ذلك إلى أن حمض الفتريك الموجود في المياه الحامضية قد أمد النباتات بإحتياجاتها النتروجينية.



شكل 35 : المداخن المرتفعة تعمل على تشتيت الملوثات

اقترح البعض للوقاية من أضرار تلوث المدن من المصانع القريبة منها ، زيادة إرتفاع المداخلن التى تحمل عوادم الصناعة ، حتى تستت تلك العوادم فى الإرتفاع الشاهق من الجو قبل سقوطها ووصولها إلى سطح الأرض (شكل 35). وقد نفذ ذلك الإقتراح فى عديد من الدول الصناعية ووصل إرتفاع بعض المداخلن إلى حوالى 380 مترا ، أى ما يعادل إرتفاع ناطحة سحاب بها 138 طابقا. نجح ذلك فى تقليل تلوث المدن القريبة من تلك المصانع ، إلا أنه بفعل الرياح إنتقلت الملوثات أو بالأحرى ثم تصديرها من أماكن تصاعدها إلى أماكن أخرى. فتسببت نتيجة لذلك أمطار حامضية فى كندا صدرت إليها من الولايات المتحدة الأمريكية ، كما إستقبلت النرويج والسويد وفنلندا أمطارا حامضية وريدت إليها من أماكن إنتاجها فى فرنسا وألمانيا وإنجلترا.

تؤثر الأمطار الحامضية تأثيرا ضارا على المباني والتماثيل والهيكل والمركبات والمعادن والملابس وأثاث المنازل. ومن المواد التى تضار بشدة بالأمطار الحامضية الحجر الجيرى والدهانات الجيرية والرخام والحديد المجلفن وغير المجلفن.

لهذا كان من الضروري تركيب مرشحات لعوادم المصانع والمركبات قبل خروجها إلى الجو ، ليس ذلك لفصل تسميمات العالقة فحسب ، ولكن لتعمل على فصل الغازات الضارة بالبيئة والمنطلقة مع العوادم عن طريق إذابتها فى منييات ملائمة أو إمتصاصها أو إدمصاصها * على سطوح صلبة. فمثلا إذا مرت العوادم على ماء فإنه يمكن التخلص من غازات كلوريد الإيدروجين (HCl) وكلوريد الفلور (HF) والأمونيا (NH_3) ، إذ أنها جميعا مهلة الذوبان فى الماء ، أما ثانيا

* الإدمصاص adsorption هو جمع غازات أو قطرات سائلة على سطوح صلبة ، ويشتط فى المواد المستخدمة لذلك أن تكون مسامية ، ومن ذلك الكربون المنشط وجل السليكا silicagel والزيوليت zeolite.

أكسيد الكبريت وكذلك الكلور فهما متوسطا الذوبان في الماء ، لهذا فإن إستخدام الماء كمرشح لهما سيذيبهما جزئيا ويتطاير الباقي. قد يستخدم للفصل مواد تتفاعل مع الغاز المراد التخلص منه ، فيمكن فصل كبريتيد الإيدروجين ($H_2 S$) بإستخدام محلول كربونات صوديوم ($Na_2 CO_3$).

ويمكن إستخدام المحاليل القلوية لفصل أكاسيد النتروجين. وكذلك يمكن إستخدام لبن الجير المعروف بالجير المطفئ ($Ca (OH)_2$) وأكسيد المغنسيوم (MgO) في فصل الكلور. ويستخدم الكربون النشط لفصل ثاني أكسيد الكبريت ، كما يستخدم جل السبكا لإمصاص أبخرة المواد العضوية.

ثقب الأوزون

الغلاف الجوى للكرة الأرضية ، والذي يتكون من عدة طبقات ، ذو فائدة كبيرة فى حفظ حرارة الأرض ومياها وحماية أحيائها من كثير من الأضرار التى قد تنشأ عن الفضاء الخارجى ، ومنها الأضرار التى تنشأ عن الأشعة فوق البنفسجية والتى تختص بالحماية منها جزء من طبقة الإستراتوسفير ، والذي يعرف بمنطقة الأوزون، وفيها يتكاثف وجود غاز الأوزون (O_3) ، والتى تقع على إرتفاع يتراوح ما بين 15 إلى 40 كيلومترا فوق سطح البحر. تختلف كثافة الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير من موقع إلى آخر. تقاس كثافة منطقة الأوزون بمقياس يعرف بمقياس دبسون dobson ، وفى ضوء هذا المقياس تقدر كثافة منطقة الأوزون برقم يتراوح ما بين 250 إلى 500 وحدة دبسون. يوجد الأوزون فى الغلاف الجوى بنسبة ضئيلة جدا قد لا تتجاوز الجزء فى المليون ، وهذا الجزء إذا ضغط فسيشغل حيزا سميكة حوالى ثلاثة مليمترات لا غير ، ورغم ضآلة كمية الأوزون إلا أن فائدته للأحياء كبيرة جدا ، ويرجع ذلك إلى أهميته فى تحديد كمية ما يمر خلالها من إشعاعات فوق بنفسجية والتى تأتى مع الأشعة الشمسية ويسمح لها بالمرور إلى سطح الأرض.

إكتشف العالمان رولاند Rowland ومولينا Molina سنة 1974 حدوث تغيير فى التركيب الطبيعى لجزء من الغلاف الجوى للكرة الأرضية ، ذلك أن تركيز غاز الكلور قد زادت معدلاته بها ، وأرجعوا ذلك إلى التوسع فى إستخدام مركبات الكلوروفلوروكربون ، والتى ينطلق منها غاز الكلور فى طبقات الجو ، وأن حدوث ذلك سوف يكون سببا فى تآكل جزء من أوزون طبقة الإستراتوسفير. لم يلق تنبؤ وإندار رولاند ومولينا إهتمام العالم ، إلا عندما إتضح حقيقة ذلك بعد مرور أحد عشر عاما حيث ظهر بوضوح ثقب الأوزون بالقطب الجنوبى سنة 1985. بدأ التآكل فى منطقة الأوزون بالقطب الجنوبى فى الفترة من 1977 حتى 1979 ، ثم

أخذت تتزايد عقب ذلك حتى أعلن عن وجود ثقب الأوزون بالقطب الجنوبي للكرة الأرضية سنة 1985 ، وعلل ذلك بتأثير التلوث الجوى ، خاصة من الغازات المطلقة للكlor ، بعد أن كان الإعتقاد السائد بأن تآكل الأوزون الحادث يرجع إلى ظهور بفع شمسية. ظهر بعد ذلك الثقب الثنى للأوزون بالقطب الشمالى سنة 1987. لا يقصد بوجود ثقب للأوزون أن منطقة الثقب خالية من الأوزون ، لكن المقصود هو وجود إنخفاض واضح فى نسبة تركيز غاز الأوزون بمنطقة الثقب. وقد وجد أن كثافة غاز الأوزون تصل إلى أدنى مستوياتها بالقطبين الجنوبي والشمالى فى فصل الربيع لكل منهما حيث تقل كثافة الأوزون عن 150 ديسون. قدرت مساحة ثقب الأوزون بالقطب الجنوبي فى أكتوبر سنة 1987 فوجد أنها تعادل تقريباً مساحة الولايات المتحدة الأمريكية وأن أطراف الثقب بمتدت لتغطى نيوزيلندة وأستراليا وجنوب



شكل 36 : القارة القطبية الجنوبية والمناطق المتأثرة من ثقب الأوزون
جنوب نيوزيلندة وأستراليا والأرجنتين وشيلي

الأرجنتين وجنوب شيلي (شكل 36). وفيها قدر النقص في الأوزون بحوالى 40 إلى 50 %.

يظهر ثقب الأوزون بوضوح في القطب الجنوبي في شهرى سبتمبر وأكتوبر ، أى مع بداية فصل الربيع في نصف الكرة الجنوبي ، من كل عام ، حين تبدأ الشمس في السطوح بعد ظلمة طويلة استمرت ستة أشهر. يبدأ الفجر القطبي في الوقت الذى أصبح فيه الجو في تلك المنطقة أبرد من كافة مناطق الكرة الأرضية ، فيتكون في جو القطب الجنوبي دوامة رياح شديدة تعزلها عن الهواء المحيط وتتكون بها سحب على ارتفاعات كبيرة جدا جانبية وحاجزة جسيمات تلجية مكونة من حمض نتريك وماء وغيرها من غازات مدمرة للأوزون. وعند بدء النهار القطبي والذي سوف يستمر ستة أشهر ، ينطلق الكلور من مركبات الكلوروفلوروكربون مع الأكاسيد النتروجينية وحمض النتريك وغيرها من الملوثات المحللة للأوزون. بعد فترة يبدأ الجو في الدفء وتنفذ دوامة الرياح القطبية تماسكها ويتدفق الهواء من مختلف أنحاء العالم إليها فيزداد الأوزون ثانية في القطب ويلتئم الثقب ، وفي نفس الوقت يقل الأوزون قليلا في أنحاء العالم الأخرى. وبنهاية الليل القطبي في الجنوب يبدأ الليل القطبي في الشمال ، وتبدأ دوامة الرياح تكوينها بالقطب الشمالى ، إلا أنها تكون أقل تماسكا بالنسبة لدوامة القطب الجنوبي ، فيبدأ تآكل الأوزون ويبدأ تكوين ثقب الأوزون في للقطب الشمالى والذي يكون أقل مساحة وأكثر كثافة للأوزون مقارنة بثقب القطب الجنوبي ، ويصل الثقب أقصاه ببزوغ الفجر القطبي الشمالى في مارس وأبريل. وهكذا يتبادل الثقبان الجنوبي والشمالى تكوينهما.

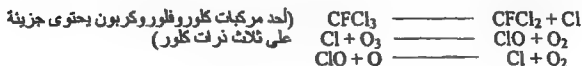
يتكون غاز الأوزون فوق خط الإستواء ، في طبقات الجو العليا من أكسوجين الهواء الجوى (O_2) بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى تحلل بعض جزيئات الأكسوجين إلى ذرات تتحد ، بعضها مع جزيئات أكسوجين لتكوين جزيئات أوزون (O_3) تحملها الرياح ناحية قطبي الكرة الأرضية.

شعة فوق بنفسجية



يعمل هذا التفاعل على زيادة كثافة الأوزون بمنطقة الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير ، ويعمل الأوزون على منع وصول قدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض. وفى الشتاء القطبى الطويل ينعدم تكوين أوزون جديد بالقطب المظلم لعدم وجود أشعة فوق بنفسجية ، كما تمنع دوامة الرياح القطبية وصول أوزون إليها من خارج المنطقة القطبية ، ويحدث تحلل لجزء من أوزون المنطقة القطبية المظلمة فيظهر ثقب الأوزون.

تنبه العلماء إلى خطورة ظاهرة تآكل الأوزون ، لهذا تم توقيع بروتوكول مونتريال عام 1987 ، وبمقتضاه تقرر الإقلال من إنتاج المركبات المدمرة لغاز الأوزون فى طبقات الجو العليا ، وفى مقدمتها مركبات الكلوروفلوروكربون وغيرها من المركبات الهالوجينية ، ومنها رابع كلوريد الكربون المستخدم فى عمليات إطفاء الحريق ، وميثائل الكلوروفورم المستخدم كمذيب عضوى. يرجع التأثير الواضح لتلك المركبات إلى أنه يتحرر عنها ذرات كلور نشطة فى طبقة الإستراتوسفير بفعل تصادمها مع الأشعة فوق البنفسجية . تحلل ذرات الكلور المنطلقة جزيئات الأوزون إلى أكسوجين ويتأكسد الكلور (Cl) إلى أحادى أكسيد الكلور (ClO) ، الذى يتفاعل مع ذرات الأكسوجين لينطلق للكلور ثانية ، بعدها تبدأ دورة ثانية فى إتلاف الأوزون .



كما يحدث تدمير للأوزون من أكاسيد النتروجين التى تنتج عن إحتراق الوقود وكذلك من عوادم الطائرات النفاثة والأسرع من الصوت والتى قد تصل فى إرتفاعها إلى منطقة الأوزون.



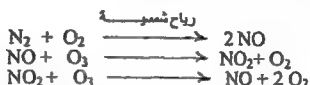
ومن العوامل الأخرى المساعدة على تلف الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير التجعيرات النووية وإطلاق الصواريخ والتي تخترق طبقتى التروبوسفير والإستراتوسفير. وفى إحدى الدراسات ذكر أن إطلاق مكوك فضاء يتسبب عنه تدمير مليون طن من غاز الأوزون. ومن الغازات الأخرى الضارة بالأوزون غازى الميثان وثانى أكسيد الكربون .

فى مؤتمر دولى عقد بلندن عام 1989 وافقت الدولة المشتركة فى المؤتمر وعددها 123 دولة على التخلص التدريجى من إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون على أن يتم تحريرها نهائيا سنة 2000. ومع هذا الخطر فإن الأثر الضار لهذه المركبات على الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير سوف يستمر لمدة قرن من الزمان حتى بعد تمام توقف إنتاجها ؛ وذلك لشدة ثبات هذه المركبات ، ولأن تصاعد هذه المركبات من سطح الأرض وحتى وصولها منطقة الأوزون سوف يستغرق ذلك الوقت.

إن لوجود الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير من الغلاف الجوى بكثافته الطبيعية أهمية كبيرة فى حماية الأرض وما عليها من أحياء من الأشعة فوق البنفسجية ، وهى الأشعة التى تتراوح أطوال موجاتها من 200 إلى 400 نانومتر* ، وتعتبر الأشعة من 200 إلى 320 نانومتر مدمرة للخلايا الحيوانية والنباتية. وقد وجد أنه فى مقابل كل نقص فى كمية أوزون الإستراتوسفير مقدار 1 ٪ تحدث زيادة فى كمية الأشعة فوق البنفسجية المتدفقة إلى الأرض تعادل 2 ٪. وبدون منطقة الأوزون تتلاشى الحياة الحيوانية البرية المعرضة لضوء الشمس المباشر ، ولكن تستمر حياة

* نانومتر nanometer مقياس طولى يعادل جزء على بليون من المتر = 10^{-9} متر.
وهو ليس أصغر مقياس ، فأصغر منه الأنجستروم angstrom ولفتمومتر femtometer ،
فالنانومتر = 10 أنجستروم = مليون فتمومتر.

للكائنات الأرضية غير المعرضة للضوء القادم من الشمس وكذلك حياة البحار ، ولو أن كلتا الحياتين الأرضية والمائية سوف تتأثر نتيجة للأضرار التي مستحدث للنباتات البرية والبلانكتونات النباتية التي تعيش بالبحار ، ويعتقد بأنه قد حدث ضرر كبير لمنطقة الأوزون منذ حوالي 65 مليون سنة ، أدى إلى هلاك الديناصورات التي سادت آنذاك ، وقد أرجع ذلك إلى أن مغناطيسية الأرض تنعكس أقطابها على فترات طويلة ، ويتخلل فترة الانتقال هذه التي تستغرق بضعة آلاف من السنين إنعدام المجال المغناطيسي الذي يحمي الأرض من الرياح الشمسية ، وأن دخول الرياح الشمسية إلى جو الأرض يشجع على تكوين أكسيد النيتريك (NO) الذي يختزل الأوزون محولا لياه إلى أكسوجين ويتحول هو إلى ثنائي أكسيد النتروجين (NO₂) الذي يختزل ثمانية جزئ لوزون لآخر.



تسبب الأشعة فوق البنفسجية في حدوث التهابات جلدية وطفح جلدي وتكون فقاعات مائية وحدوث شيخوخة للجلد ، وقد تسبب في تكوين أورام سرطانية جلدية. كما تحدث هذه الأشعة إصابات بالعيون تتمثل في إعتام عدسة العين والتي تعرف بالمياه البيضاء أو الكتاراكت cataract . وقد لوحظ في السنوات الأخيرة زيادة الإصابات بهذه الأمراض في نيوزيلندا وأستراليا وجنوب الأرجنتين وجنوب شيلي وجنوب أفريقيا ، وهي المناطق السكانية القريبة من القطب الجنوبي . ومن الأمراض الأخرى التي ينتج عن التعرض للأشعة فوق البنفسجية ضعف الجهاز المناعي ، وهذا يتسبب في إستفحال شدة الأمراض المعدية ، كما يتسبب في الشيخوخة المبكرة. كما ثبت حدوث أضرار نتيجة لتقرب الأوزون وتنفق الأشعة فوق البنفسجية ، بعيون الماشية محدثة التهاب الملتحمة.

بالنسبة للحياة البحرية فإن تآكل الأوزون أحدث أضراراً بالغة بالحياة النباتية مما قلل من حياة البحار الأخرى.

تحدث الأشعة فوق البنفسجية أضراراً بالنباتات البرية وخاصة للبعوض منها الحساس لتلك الأشعة ، مثل الغول وفول الصويا والبصل والبطيخ والقطن والكرنب.

توجد علاقة قوية بين تكوين ثقب الأوزون وتأثير الصوبى على جو الأرض ، ذلك أن التأثير للصوبى يؤدي إلى زيادة تبخير الماء وبالتالي إلى ارتفاع معدلات بخار الماء في الجو ، وهذا يساعد على زيادة إحتباس الأشعة تحت الحمراء في الجزء السفلى من الغلاف الجوى وينتج عن ذلك زيادة برودة طبقة الإستراتوسفير حيث يتكاثف تواجد الأوزون. كذلك فإن الإحتباس الحرارى سيتبعه ارتفاع في غازات الميثان المنطلقة في الجو ، كما سيؤدى إلى الإقلال من قدرة المحيطات على إمتصاص غاز ثانى أكسيد الكربون فتزداد بالتالى معدلاته بالجو. وهذان الغازان ، الميثان وثانى أكسيد الكربون هما من الغازات الضارة بالأوزون.

كذلك فإن زيادة للأشعة فوق البنفسجية الواردة إلى الأرض نتيجة لإتساع ثقب الأوزون لا تستطيع تحملها أنواع كثيرة من النباتات ، فتقل قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى مقارنة بالمعدلات الطبيعية وسوف يؤدي ذلك إلى ارتفاع مستوى غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو فيزداد بذلك التأثير الصوبى .

نخرج من ذلك إلى أن ثقب الأوزون سيزيد من التأثير الصوبى ، وأن التأثير الصوبى سيزيد من ثقب الأوزون.

الإشعاعات والتلوث الإشعاعي

يحتوى الفضاء الخارجى على عديد من الإشعاعات المؤينة ، والتي تنبعث من الشمس ومن مصادر أخرى فضائية، وتعرف مجتمعة بالأشعة الكونية cosmic rays. وإلى طبقات الغلاف الجوى يرجع الفضل الكبير فى حماية الأرض وأحيائها المختلفة من تلك الإشعاعات الفضائية القاتلة . وطبيعيا يتعرض الإنسان لجرعات خفيفة من أشعة مؤينة تنتج عن غاز الرادون الواسع الإنتشار فى كثير من الصخور ومواد البناء. كذلك فإن الإنسان يتعرض لأشعة غير مؤينة طبيعيا تصله مع ضوء الشمس وتشمل الأشعة المرئية بأطيافها المختلفة وبعض الأشعة غير المرئية كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.

تحتوى الصخور الطبيعية على بعض العناصر المشعة ، ومنها عنصر اليورانيوم $^{92/238}\text{U}$ الذى تصدر عنه إشعاعات مؤينة قادرة على إختراق المادة ، بطريقة مشابهة لما تفعله أشعة إكس (X) للمستخدمة فى الكشف عن بعض أجزاء الجسم الداخلية ، وتعرف تلك الأشعة بأشعة جاما gamma rays. تختلف أشعة جاما عن أشعة X ، فى أن أشعة جاما تنشأ من نواة ذرات عناصر مشعة خلال إنحلالها ، فى حين أن أشعة X ، وهى أشعة ذات موجات قصيرة جدا تتراوح ما بين 0.05 أنجستروم * و 100 أنجستروم ، تتولد فى أجهزة ذات فولتية عالية ، وتتفق أشعة جاما مع أشعة X فى أن كليهما من الأشعة الكهرومغناطيسية ولهما القدرة العالية على إختراق الأجسام .

ينبعث من اليورانيوم أثناء إنحلاله بجانب أشعة جاما نوعان آخران من الإشعاعات هما أشعة ألفا alpha rays وأشعة بيتا beta rays وهما من الأشعة المؤينة؛ حيث يتكونا من جسيمات ؛ جسيمات ألفا موجبة الشحنة وتنبعث من نوى ذرات عنصر اليورانيوم ، فى حين أن جسيمات بيتا سالبة الشحنة وهى عبارة عن

* الأنجستروم angstrom = 10^{-10} متر.

الكترونات electrons أو بوسيترونات positrons وتتبع من المخلفات الانحلاية لعنصر اليورانيوم . جسم ألفا له ضعف شحنة جسيم بيتا ، لهذا فإن تأثير تصادم جسيم ألفا يعادل أربعة أضعاف تأثير تصادم جسيم بيتا ، ذلك أن الفاعلية فى هذه الحالة تعتمد على مربع الشحنة. يعتبر جسيم ألفا نواة ذرة هليوم helium ، حيث يتكون الجسيم من بروتونين protons ونيوترونين neutrons ، فإذا صادف جسيم ألفا فى الطبيعة الكترونات electrons تكونت ذرة هليوم.

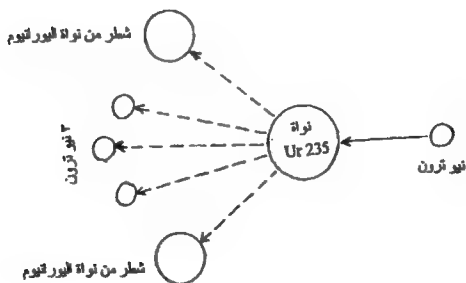
تسبب جسيمات ألفا وبيتا أضرارا جسيمة خلال مرورهما بأنسجة الأجسام الحية ، أكثر كثيرا من تأثير أشعة جاما أو أشعة X. وقدرة جسيمات ألفا على التعمق فى الأنسجة الحية ضعيفة جدا بينما نجد أن جسيمات بيتا أكثر قدرة على النفاذ فى الأنسجة الحية.

يوجد اليورانيوم منتشرا فى الأرض منذ ملايين السنين ، ويتحلل بعضه خلال سلسلة من التفاعلات فيتحول إلى ثوريوم (Th 90/232) ، ثم إلى راديوم radium (Ra 88/226) الذى يستخدم فى علاج الأورام السرطانية ، ويستمر التحلل فيتحول الراديوم إلى عنصر مشع آخر ولكنه غازى وهو الرادون radon (Rn 86/222) والذى يتحول بعد سلسلة من الإتحلالات إلى عنصر الرصاص غير المشع (Pb 82/207) حيث تنتهى السلسلة الانحلاية لليورانيوم .

بدأ إستغلال اليورانيوم بصورة واضحة سنة 1950 ووصل الإنتاج إلى أقصاه سنة 1959 ، وكان حوالى 34 ألف طن. يقتر ما تحتويه القشرة الأرضية من عنصر اليورانيوم بمتوسط 3 إلى 4 جرام لكل طن ، ولا يعتبر الإستخراج منه إقتصاديا إذا قلت نسبة اليورانيوم عن كيلوجرام/طن ، إلا فى حالة وجوده مع معدن آخر مطلوب ومن الممكن إستخراجهما معا .

معظم البلوتونيوم plutonium (Pu 94/239) الموجود بالأرض من صنع الإنسان حيث يتكون بكميات كبيرة في المفاعلات الذرية التي تستخدم فيها اليورانيوم 238 كوقود ، ويتم ذلك بقذف اليورانيوم بنيوترونات فتتقسم نواة ذرة اليورانيوم وتتطاير جسيمات ألفا منها بسرعة عالية ، ويمكن لهذه الجسيمات إعادة مهاجمة ذرات أخرى وهكذا تستمر سلسلة التفاعلات ، ويتكون أثناء ذلك البلوتونيوم (شكل 37).

تختلف العناصر المشعة في مدى نشاطها الإشعاعي والذي يقدر بعمر النصف half life ، وعمر النصف هو المدة الزمنية التي يتحول فيها نصف كمية العنصر من عنصر مشع إلى آخر غير مشع ، ومن ذلك نجد أن عمر النصف لليورانيوم 238 يصل إلى 4510 مليون سنة وأن عمر النصف للبلوتونيوم 239 يعادل 24400 سنة.



شكل 37 : قذف نواة ذرة يورانيوم 235 بنيوترون يتسبب في إنشطارها إلى جزئين يتطايران بسرعة عالية وفي نفس الوقت ينطلق نيوترونات أو ثلاثة يمكنها إحداث تفاعل تسلسلي

عنصر الرادون ، أحد نواتج تحلل اليورانيوم هو عنصر غازى مشع عديم اللون والرائحة وعلام الإنتشار ، ييثر طبيعيا فى الجو نتيجة تحلل ذرات بعض العناصر المشعة الموجودة فى صخور ومعادن القشرة الأرضية وأهمها اليورانيوم والثوريوم والراديوم. ويعتبر الرخام للمصنع من الجرانيت من لكثر مصادر إنبعاث الرادون ، يليه فى ذلك السيراميك والغاز الطبيعى ، كما يوجد فى التربة أو الأحجار التى تستخدم فى بناء المنازل. قد يتسبب عن التعرض لغاز الرادون لمدد طويلة وبكميات مرتفعة الإصابة بسرطان الرئة. وقد قدرت حالات الإصابة بسرطان الرئة الناتجة عن التعرض للرادون فى الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى خمسة آلاف إلى عشرين ألف حالة سنويا ، ومن المعروف أن للتدخين يساعد على ظهور هذه الحالات فى الأماكن المغلقة. عمر الرادون قصير جدا حيث يتحلل إلى جسيمات مشعة صلبة أخطر كثيرا من الرادون وتسمى بنات الرادون daughters of radon ويقدر نصف العمر لها بحوالى 3.8 يوم . تلتصق بنات الرادون بحبيبات الغبار للمطاطيرة وقد تصل مع الإستنشاق إلى الرئتين حيث تترسب فى أنسجتها وتتحلل بها معطية أجسام ألفا ، لهذا وجب التهوية الجيدة للحجرات المبنية من أحجار تبث الرادون .

لم تمض سبع سنوات على تفجير أول قنبلتين ذريتين على اليابان حتى تمكن إدوارد تeller E. Teller سنة 1952 من تفجير أول قنبلة هيدروجينية بتعريض خليط من الإندروجين الثقيل deuterium والإندروجين الأثقل tritium لدرجة حرارة 14 مليون درجة ، واللى نتجت عن تفجير قنبلة ذرية. نتج عن ذلك إتحاد نوعى الإندروجين وتكون عنصر هليوم وإطلاق عن هذا التفاعل طاقة هائلة ، وهذا ما يعتقد بحدوثه فى باطن الشمس .



المشكلة الرئيسية التي تنتج عن التفاعلات الذرية والنووية هي في كيفية التخلص من النفايات الخطرة الناتجة عنها ، فكما أن المفاعلات الذرية والنووية تحتاج إلى مواد مشعة لتشغيلها فإنه ينتج عنها أيضا مواد أخرى مشعة ، ومن المطلوب التخلص منها. هذه النفايات المشعة قد تستمر في إصدار إشعاعات مئات أو آلاف أو ملايين السنين ، ويتوقف ذلك على عمر النصف للمادة المشعة فعنصر البلوتونيوم 239 يحتاج إلى نصف مليون سنة ليصبح آمنا للتداول ، في حين أن عنصرا آخر مثل السيزيوم cesium ($Cs_{55/137}$) يحتاج إلى عناية في حفظه لمدة ألف سنة. ومن العناصر المتكونة في نفايات الانشطار الذري عنصر النبتونيوم neptunium ($Np_{93/237}$) الذي يستمر نشاطه الإشعاعي مدة مليون سنة ، من ذلك يتضح لنا أهمية الوسيلة التي يمكن بها حفظ هذه المواد ومنع تدفق إشعاعاتها إلى الخارج.

تختلف الدول في الطرق المتبعة للتخلص من النفايات المشعة. فالبعض يدفنها على أعماق كبيرة في باطن الأرض داخل حجرات إسمنتية بعد وضعها في أوعية من الصلب غير القابل للصدأ ثم إغلاقها بإحكام ، أو يضعها داخل مواد عازلة من الخزف أو الزجاج. البعض يدفنها بعد إحكام تغليفها ، في قاع المحيطات.

نوع آخر من المخلفات المشعة هو نواتج إستخراج وتركيز الخامات المشعة لإستخدامها في المفاعلات الذرية أو النووية ، ويعتبر النشاط الإشعاعي للمخلفات المتبقية أو للنفايات خطيرا إذا زاد عن مائة كوري* لكل لتر.

الاستخدامات السلمية للتفاعلات النووية ، رغم ما يتخذ فيها من إجراءات مشددة لمنع حدوث أى تسرب إشعاعي ، إلا أنه قد يحدث بين الحين والآخر حوادث خطيرة

* وحدة كوري Curie = النشاط الإشعاعي لجرام واحد من عنصر راديوم 226

قد يعلن عنها وقد لا يعلن ، وأشهر ما سجل في ذلك حديث حدث أولهما في الولايات المتحدة الأمريكية ، وحدث ثانيهما في الاتحاد السوفيتي أعظم دولتين وقتذاك .

الحادث الأمريكي كان في مفاعل ثري مايل أيلند Three mile island في صباح 28 مارس 1979 نتيجة خلل في جهاز التبريد ، وبعد يومين من إكتشاف الخلل أعلن عن احتمال دوبان قلب المفاعل وحدث انفجار لفقاعة غاز إيدروجين تكونت في المفاعل الذي لوتفعت درجة حرارته عن الحرارة المصمم لها خوفا من حدوث الانفجار وما يتبعه من تسرب إشعاعي ، بصحت الميدات الحوامل والأطفال في دائرة نصف قطرها خمسة أميال حول المفاعل بترك المنطقة لحسن الحظ تحسن الوضع ، في 2 إبريل ، وقل الخطر ونجح التبريد في خفض حجم فقاعة الإيدروجين الخطرة. بعد أسبوع آخر أعلن زوال الخطر نهائيا بعد حوالي أسبوعين عاشها سكان المنطقة في رعب . وترتب على هذا الحدث إعادة مراجعة ضمانات السلامة عند تصميم وإنشاء مفاعلات أخرى.

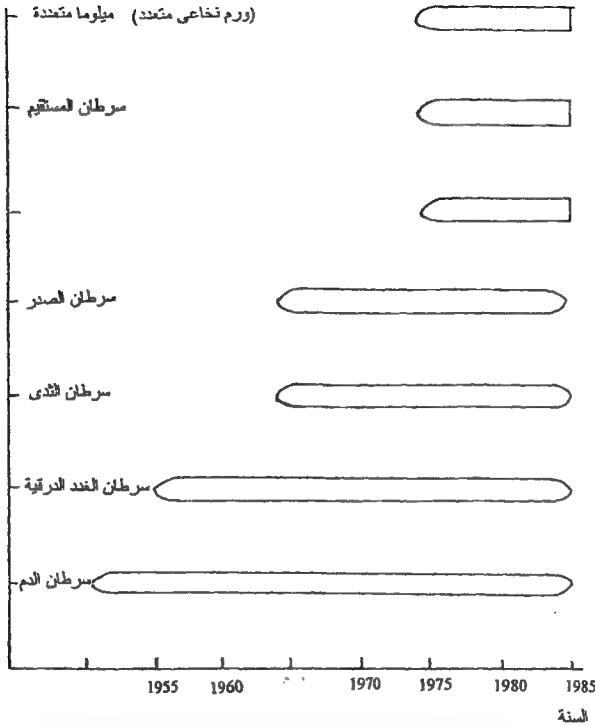
الحادث السوفيتي كان من نصيب مفاعل تشيرنوبيل Chernobyl والذي يقع على نهر بريبيات Pripjat بأوكرانيا ، عندما حدث تسرب إشعاعي من الوحدة الرابعة للمفاعل في 26 إبريل 1986 ، فتكونت سحب كبيرة من الغبار والغازات المشعة. تحركت السحب المشعة في أوروبا حتى شملت السويد وفنلندا ويوغوسلافيا والنمسا والمانيا وسويسرا وتركيا والمجر وبولندا وبريطانيا . وكان لهذا الحادث ولل سحب المشعة التي نتجت عنها والأمطارها التي تساقطت في أنحاء مختلفة ، الأثر الكبير المزعج على الإنتاج الزراعي والنباتي والحيواني ، مما أثر على تجارة تلك المنتجات سواء من دولة الحادث أو من الدول التي تسقطت عليها الأمطار المشعة. يرجع حادث تشيرنوبيل أيضا الى خلل في أجهزة التبريد فزادت حرارة وقود اليورانيوم وأدى ذلك الى اشتعال النار في الوقود الجرافيتي الحامل لليورانيوم .

وأدى ذلك إلى اشتعال النار في الوعاء الجرافيتي الحامل لليورانيوم ، والذي تم إخماده بعد أربعة ساعات . ولكن قلب المفاعل استمر مشتعلا لمدة عشرة أيام مما تسبب في انفجار السقف المعدى للمفاعل ، وبذلك استمر إطلاق الإشعاعات المؤينة لمدة أسبوعين ، وتلوثت بالإشعاعات المنطقة المحيطة بالمفاعل والتي شملت حوالى 260 ألف كيلو متر مربع.

نتج عن الحادث السوفيتي تراجع كثير من الدول عن إنشاء مفاعلات نووية لأغراض السلم .

ازدادت حالات تعرضنا للإشعاعات منذ أن إكتشفت الطاقة الذرية . وقد عرف الإنسان التأثير المدمر للإشعاعات النووية عقب إلقاء قنبلتي هيروشيما وناجازاكي الذريتين في أغسطس 1945 قبيل نهاية الحرب العالمية الثانية . تسببت القنبلتين الذريتين في قتل ما يزيد عن مائة ألف شخص في الحال ، وتأثر سكان المناطق المحيطة والمجاورة بالإشعاعات المؤينة ، فأحدثت حروقا وظهرت أمراض السرطان بينهم بعد مرور بضعة سنوات واستمرت في الظهور طوال سنين طويلة زادت عن أربعين سنة بعد التعرض (شكل 38) .

الإشعاعات المؤينة ionized radiations وخاصة نوعى ألفا وبيتا والتي يمكنها اختراق الأجسام الحية كرصاصات دقيقة تكسر الروابط التى تجمع الجزيئات الحيوية معا ، مسببة فى موت كثير من الخلايا وتلف البعض الآخر ، والذي كثيرا ما يحدث بها إختلالات كروموسومية ، وتزداد بينها فرص حدوث تضاعف فى أعداد الكروموسومات بالخلية ، وغالبا ما يتسبب ذلك فى حدوث سرطان . كذلك فإن الشعاع المؤين يمكنه قطع الكروموسوم فى أى جزء يصيبه منه محدثا تلفا للجينات genes فى المنطقة المصابة حتى ولو عاد إلتهام الكروموسوم . وقد وجد أن أثر التعرض للإشعاعات فى حدوث أورام سرطانية هو تأثير تراكمى ، بمعنى أن التعرض لإشعاعات بتركيزات منخفضة ولكنها متعددة وعلى فترات ينتج عنه



شكل 38 : مواعيد ظهور أنواع مختلفة من الأمراض السرطانية في مدينتي هيروشيما وناجازاكي بعد التججيرين الذريين في أغسطس 1945

نفس الضرر الذى يحدثه التعرض لجراحة واحدة كبيرة تعادل مجموع الجرعات الصغيرة. وقد وجد أن التغييرات التى تحدثها الإشعاعات المؤينة على التراكيب الكروموسومية تعتبر تغييرات وراثية إذا حدثت فى خلايا تناسلية ، عندئذ يمكنها الانتقال من الآباء إلى الأبناء. ونذكر فى هذه المناسبة مدام كورى Marie Kurie مكتشفة اليورانيوم والبولونيوم polonium مع زوجها Pierre Curie (شكل 39)، ونالا جائزة نوبل فى الطبيعة سنة 1903 ، ثم اكتشفت مدام كورى بعد ذلك الراديوم وتأثيره العلاجى ونالت فى ذلك جائزة نوبل فى الكيمياء سنة 1911. هذه عالمة الكبيرة توفت سنة 1934 بمرض سرطان الدم نتيجة لتعرضها الزائد لمواد مشعة خلال دراساتها على العناصر المشعة.



شكل 39 مدام كورى وزوجها مكتشف اليورانيوم والبولونيوم

من الأشعة غير المؤينة التي يتعرض لها الإنسان كثيرا في هذا الزمن المجالات الكهرومغناطيسية electromagnetic fields ، ومعظمها إشعاعات أقل طاقة من أشعة جاما أو الأشعة السينية. من هذه الأشعة تلك التي تحيط بالمصادر الكهربائية كتوصيلات خطوط الضغط العالي وأجهزة التلفزيون وغيرها من الأجهزة الكهربائية والأجهزة اللاسلكية كالتليفون المحمول وأجهزة الإرسال والاستقبال والكمبيوتر. ومن الأجهزة الحديثة أفران الميكرويف والتي تستخدم للتسخين السريع للطعام باستخدام أشعة الميكرويف وهي أشعة حرارية أطول من الأشعة تحت الحمراء. وقد ثبت حدوث أضرار من بعض هذه الإشعاعات ، فوجد أن الأشخاص المقيمين والمعرضين بكثرة ويعيشون قريبا من خطوط كهرباء الضغط العالي معرضون أكثر من غيرهم للإصابة بسرطان الدم وكذلك لأمراض الجهاز العصبي ، وأيضا لإلتهاب المفاصل وحساسية الجلد والصدر والعيون. وقد لوحظ على العاملين المعرضين لأشعة الرادار زيادة الإرهاق العصبي والإجهاد وفقد الذاكرة. كما لوحظ ضعف الإبصار على المستخدمين لشاشات الحواسيب الإلكترونية ، ويعتقد بوجود تأثير مماثل على الذين يتابعون أجهزة التلفزيون لمدة طويلة يوميا.

عموما فإن التعرض للإشعاعات المختلفة وخاصة المؤينة منها يتسبب عنه ما يلي :

- 1- قلة كرات الدم البيضاء ، وينتج عن ذلك ضعف في المناعة ضد الأمراض وسهولة الإصابة بسرطان الدم .
- 2- شعور بالغثاس والقىء والإرهاق .
- 3- حساسية للعيون وقد تحدث عتامة في العيون .
- 4- حساسية للجلد وقد تسبب في حدوث سرطان الجلد .
- 5- حساسية للصدر وقد يتطور إلى سرطان الرئة أو الثدي .
- 6- إضرار بالكروموسومات تنتج عنه أمراض سرطانية أو أمراض وراثية .

التلوث والأمراض السرطانية

السرطان هو نوع من الإضطراب فى سلوك بعض خلايا الكائن الحى ينتج عنه تكاثر مستمر لتلك الخلايا يصعب السيطرة عليه ، فتتكون خلايا جديدة ، ليس الجسم فى حاجة إليها ، بل تعتبر خلايا غريبة ضارة بالكائن الحى. يبدأ هذا الإضطراب عادة ، من نواة خلية واحدة ، أو بالتحديد من المادة الوراثية للخلية والمكونة للكروموسومات والمعروفة بالرمز DNA . الخلايا السرطانية لا تلتصق ببعضها جيداً كما فى الخلايا الطبيعية ، ولهذا فهى تتفصل عن بعضها بسهولة. فمن البؤرة الأولى حيث يتكون الورم الابتدائى primary tumour ، كثيراً ما تنتقل بعض خلايا الورم السرطانى الابتدائى خلال الأوعية الدموية أو النظام الليمفاوى فتتمكن من غزو أنسجة قريبة أو بعيدة حيث تكون بؤر جديدة سرطانية ، أو ما يعرف بالأورام الثانوية secondary tumours . وكثيراً ما يحدث الإنتشار قبل إكتشاف المرض ، أى قبل ظهور أية أعراض سريرية تدل عليه.

تحتوى نواة أية خلية غير تناسلية فى جسم الإنسان على 23 زوج من الكروموسومات ، تحمل آلاف الجينات genes . يختص كل جين بصفة معينة ، وقد يشترك أكثر من جين فى تحديد الصفة. ويعتقد بعض العلماء بأن جينة واحدة منها تختص بوظيفة تنظيم تكاثر الخلية ، فإذا تلفت تلك الجينة فى خلية من خلايا الجسم فإن هذه الخلية تنقسم بصورة غير منتظمة وبصفة مستمرة ، وينتج عن ذلك الورم السرطانى .

لوحظ أن غالبية الخلايا السرطانية تحتوى على عدد شاذ من الكروموسومات يخالف العدد الطبيعى فى خلايا الإنسان وهو 46 ، فقد بحث تضاعف لهذا العدد فيصبح 46 زوجاً من الكروموسومات أو 92 زوجاً. وقد ينتج عن الخلل تكون عدد فردى من الكروموسومات ، كأن يصبح العدد 79 مما يشكل صعوبة فى عملية

بأنقسام الخلية. أحياناً لا تتغير أعداد الكروموسومات عن العدد الطبيعي ، أى يبقى العدد 23 زوجاً ، ولكن يحدث الخلل فى تركيب بعض الكروموسومات عن طريق إضافة أجزاء من كروموسومات معينة إلى كروموسومات أخرى ، وأياً كان الخلل الكروموسومى فإن السيطرة على التكاثر الخلوى لتلك الخلايا تخرج عن نطاق التكاثر والنمو الطبيعيين.

فترة حضانة المرض هو اصطلاح يدل على الفترة الزمنية بين حدوث السبب ، وهو فى حالة أمراض السرطان ، حدوث خلل كروموسومى فى نواة خلية أو أكثر من خلايا الجسم ، وظهور العلامات السريرية للمرض . هذه الفترة فى حالة أمراض السرطان قد تطول إلى سنوات عديدة ، وقد تصل فى بعض الأحيان إلى 50 سنة ، وتختلف مدة حضانة هذا المرض وفقاً لنوعيته ، وتقل كثيراً فى حالة تعرض المرأة الحامل للإشعاعات حيث تقل فترة الحضانة إلى أقل من عام . تزداد فترة الحضانة لحوالى ثلاث سنوات فى حالة سرطان الدم ، وتزداد أكثر وتصل إلى حوالى عشرة سنوات فى حالة سرطان الغدة الدرقية ، وإلى حوالى عشرين سنة فى حالات سرطان الصدر والرئة ، وإلى حوالى 30 سنة لو أكثر فى حالات سرطان المعدة والقولون. وقد أمكن تحديد تلك المدد بتتبع حالات قاطنى منطقتى هيروشيما وناجازاكي باليابان والذين نجوا من الموت المباشر نتيجة التعرض للإشعاعات الناتجة عن انفجار القنبليتين الذريتين بهما سنة 1945 (شكل 38).

بفرض أن سرطاناً بدأ من خلية واحدة من جسم إنسان ، قطر تلك الخلية فى المتوسط أقل من 20 ميكرون* ، ويمكننا أن نتصور مدى ضالة تلك الخلية بالنسبة للشخص إذا علمنا أن جراًماً واحداً من نسيج بجسم إنسان يحتوى على حوالى مائة

* الميكرون micron مقياس طولى = 10^{-3} ملليمتر ، أى جزء على ألف من الملليمتر
= 10^{-6} متر ، أى جزء على مليون من المتر

مليون إلى بليون خلية ، فإن تكاثر هذه الخلايا سيحتاج إلى زمن طويل للوصول إلى نميج سرطاني محسوس ، وعادة يصعب تشخيص المرض قبل وصول وزن الورم إلى وزن يتراوح ما بين عشرة جرامات إلى كيلوجراما ، ويستثنى من ذلك حالات سرطان الجلد وسرطان الثدي ، فيمكن إكتشافهما عند وصول الورم إلى جزء من الجرام .

يحتاج الورم السرطاني لإستمرار نموه إلى تغذية مستمرة من الجسم المضيف ، وذلك بنمو وإنتشار أوعية دموية دقيقة تنتشر خلال الورم تزوده بإحتياجات نموه وإتقسامه من غذاء وأكسوجين ، وإلا فإن نمو الورم يتوقف وتبدأ خلاياه في الإنكماش والموت ، لو تبقى الخلايا كما هي في حالة سكون. يحدث ذلك فعلا عندما لا يكون إنتشار الأوعية الدموية جيدا ، فتموت خلايا الورم التي لا يصلها الغذاء ، وتنمو وتتكاثر تلك التي تصلها الأوعية الدموية حاملة الغذاء والأكسوجين. هذا يعني أن الجسم الإنساني قادر على إيقاف النمو السرطاني بمنع الغذاء والأكسوجين عنه ، وهو أيضا قادر على تشجيعه بتزويده بإحتياجاته "مو والتكاثر. كذلك فإن الجسم الإنساني قادر أيضا على إطالة فترة حضانة المرض عن طريق جهازه المناعي الذي يمكنه الوصول بالورم إلى حالة من التوازن بين تكاثره وإنتاجه لخلايا جديدة ، وبين تحطيمه لخلايا أخرى ، إذ أن الخلايا السرطانية رغم أنها من نتاج الجسم ، إلا أنها تعتبر غريبة عنه نظرا للتغيير الذي حدث في تركيبه أنوية خلاياه الوراثية. ويرى البعض أن بعض الأورام تفرز بروتينات خاصة تشجع نمو وجذب الأوعية والشعيرات الدموية نحوها ، وبذلك تستمر في النمو والتكاثر. ومع نمو الورم الابتدائي قد تتكون أورام أخرى جانبية ، إلا أنها لا تستمر في النمو ، ذلك لأن الورم الابتدائي يفرز موادا كيميائية تمنع نمو الأورام الأخرى المجاورة. من هذه الكيماويات المثبطة التي يفرزها الورم الابتدائي مركبي أنجيوستاتين angiostatin وإندوستاتين endostatin ، ولهذا فعند التدخل الجراحي وإزالة الورم الابتدائي فإن بعض الأورام الصغيرة الساكنة قد تنشط بعد أن توقف إفراز المواد المثبطة.

وتجرى الدراسات حالياً حول إستخدام تلك المثبطات فى علاج الأورام السرطانية وإيقاف نموها.

قدرت حالات الوفيات على مستوى العالم خلال سنة 1993 بحوالى 51 مليون حالة ، ووجد أن حوالى 6 مليون حالة وفاة منها ترجع إلى الإصابة بالسرطان وذلك يمثل حوالى 12 % من الوفيات. ونظراً لطول فترة حضانة المرض نجد أن حالات تشخيص المرض وحالات الوفيات الناتجة عنه تزداد مع التقدم فى العمر. هذا المرض لم يكن فى الماضى يشكل خطورة على الإنسان ، فجد أنه فى الولايات المتحدة الأمريكية كانت وفيات السرطان حوالى 6 % سنة 1955 ثم صارت حوالى 22 % سنة 1984.

بالنسبة لأنواع أمراض السرطان المختلفة ومدى إنتشارها ، نجد أن إصابات سرطان الرئة والقصبات الهوائية والشعب الرئوية تعتبر فى مقدمة إصابات السرطان إنتشاراً ، وقد قدرت الوفيات الناتجة عنها بحوالى 17 % من مجمل الإصابات السرطانية سنة 1993 ، يليها سرطانات المعدة والقولون والمستقيم ، ويليه سرطانات الشفة والمرئ ، ثم سرطان الكبد والبنكرياس .

تختلف نسبة الإصابة بأى من السرطانات المختلفة بين الشعوب المختلفة ، حيث ينتشر سرطان الجلد بين أصحاب البشرة الفاتحة للون ويرجع ذلك غالباً إلى التعرض لضوء الشمس ، أما أصحاب البشرة الداكنة فإن اللون الداكن يحمى صاحبه من تأثير ضوء الشمس . وغالباً ما يرجع الارتباط بين الشعوب وأنواع الإصابات السرطانية إلى عوامل البيئة وليس إلى عوامل وراثية ، ففي الهند نجد أن 30 % من حالات السرطان تحدث فى الفم والبلعوم ويعزى ذلك إلى عادة مضغهم لورق التاباكو (betel quid). وفى أوروبا تقل الإصابات بسرطانات الكبد والبروستاتا وعنق الرحم مقارنة بإفريقيا. وفى بريطانيا تزداد معدلات الإصابة بسرطان الرئة حوالى سبعة أضعاف حدوثها فى الهند. وفى اليابان تصل أعداد الإصابة بسرطان المعدة إلى 980 شخص لكل مليون شخص ، فى حين أنه فى الولايات المتحدة الأمريكية يصاب بهذا المرض حوالى 150 شخص لكل مليون ، أما بالنسبة لأجيال

اليابانيين المهاجرين بالساحل الغربى الأمريكى فقد قلت نسبة الإصابة بسرطان المعدة بينهم كثيراً .

عموما فإن الإصابة بالسرطان تزداد فى الدول المتقدمة مقارنة بالدول النامية ، كما أنها تزداد فى المجتمعات الصناعية مقارنة بالمجتمعات الريفية وغيرها من المجتمعات الطبيعية . وقد وجد أن الأطفال الذكور بالدول المتقدمة تصل احتمالات إصابتهم بالسرطان خلال فترة من حياتهم إلى 20-25 % ، فى حين أن الأطفال الذكور فى الدول النامية تصل فرص إصابتهم بمرض السرطان إلى حوالى 10 % فقط ، وتتساوى معدلات الإصابة بين الدول المتقدمة والنامية فى الأعمار الكبيرة .

عاملان غير وراثيين يلعبان دورا هاما فى تحديد معدلات الإصابة بالأمراض السرطانية ، هما التدخين والتغذية ، وفى دراسة تمت سنة 1996 وجد أن حوالى 66% من حالات السرطان فى الدول المتقدمة يمكن تلفيها بالإمتناع التام عن التدخين وإتباع نظام غذائى صحى .

بالنسبة للتدخين إتضح من دراسة أجريت سنة 1994 أن مخاطر الإصابة بسرطان الرئة تزداد بنسبة 20 إلى 30 % للزوجات أو الأزواج غير مدخنين ولكن متزوجون من مدخنين أو مدخنات . وفى دراسة حديثة أخرى وجد أن نسبة 9-13% من حالات سرطان الرئة التى تصيب البالغين فى أوروبا ترجع إلى التعرض البيئى لدخان المدخنين . وفى دراسة بإتجلترا وجد أن 40 % من وفيات سرطان الرئة بين الذكور ترجع إلى التدخين ، وهذا يمثل 11 % من جملة الوفيات . وعموما فإن كثرة التدخين تؤدى إلى الإصابة بسرطانات الرئة والمثانة والقم والبلعوم والمرئ والحنجرة ، والإمتناع عن التدخين يعتبر خير وسيلة للوقاية من تلك الأمراض سواء بالنسبة للمدخن أو للمستشوق لهواء المدخن (جدول 6).

جدول 6 : احتمالات الإصابة بالسرطان للمدخنين مقارنة بغير المدخنين *

نوع السرطان	إحتمالات زيادة الإصابة مع التدخين (%)	ملاحظات
سرطان الفم	1000-300	تزيد مع تناول الكحوليات
سرطان المريء	900-200	“ “ “
سرطان الحنجرة	1770-290	-----
سرطان الرئة	-----	السبب الرئيسي للمرض هو التدخين
سرطان المثانة	1000-700	تزيد النسبة مع العمل في الصياغة وبعض المهن الأخرى.
سرطان البنكرياس	500-200	-----

* المصدر : الجمعية الأمريكية للسرطان .

وبالنسبة للوقاية عن طريق إتباع نظام غذائي صحي فإنه ينصح بزيادة لكل الفاكهة والخضروات الطازجة وخاصة الغنية بمضادات الأكسدة مثل فيتامينات E, C, A وريبوفلافين. ويجب مراعاة عدم تناول الفيتامينات المصنعة بكميات زائدة، ذلك أن الزيادة في فيتاميني C, A يمثلان عبئا على الكبد والكلية، كما أن زيادة الحديد تفسد عمل فيتامين C، فبدلاً من مفعوله الطبيعي كمضاد للأكسدة، يصبح مع زيادة الحديد عامل محفز للأكسدة. كذلك فينصح بتناول الأغذية مرتفعة الألياف والإقلال من الدهون المشبعة والكحوليات، فكثرة تناول المشروبات الكحولية تتسبب في حدوث سرطانات الفم والمريء والحنجرة والكبد. مثل هذا النظام الغذائي، كما يفيد في حالة الأورام السرطانية والوقاية منها، فإنه يفيد أيضاً في الوقاية ضد أمراض القلب والشريين.

تتميز بعض الأغذية النباتية بإحتوائها على مركبات خاصة ذات فائدة في الحد من نمو الخلايا السرطانية ، من ذلك الخضروات التابعة للعائلة الصليبية والتي تشمل البروكلى والكرفس والقرنبيط فهي غنية بمركبات الإندول indoles التى تقلل من فرص تكوين ونمو أورام الغدد اللبنية ، فتقلل من فرص حدوث سرطان الثدي ، كما يحتوى البروكلى على المركب الكبريتى sulforaphane المضاد للسرطان. ويحتوى الشاي الأخضر المشروب الشعبى فى اليابان على مادة إبيجالوكاتكين epigallocatechin المضاد للأكسدة والمفيدة فى مقاومة سرطان الرئة. ويحتوى فول الصويا على مادة جنستين genistein التى يعتقد بأنها توقف مفعول الجين المنبه لحدوث السرطان. ويحتوى العنب الأحمر والبصل الأصفر والأحمر والبروكلى على مادة كرتسين quercetin المضادة للسرطان.

يتلوث الغذاء عادة من الماء المستخدم فى معاملته ، سواء عند الرى أثناء الزراعة أو عند الغسيل عقب الجمع وقبل التعبئة أو عند تجهيز المنتج الغذائى سواء فى المصنع أو فى المنزل. كذلك فإن التلوث يحدث فى المزارع عند التسميد والرش بالمبيدات. كما تتلوث المياه بالمبيدات والأسمدة والمسببات المرضية الحية. تدخل كثير من الملوثات فى نطاق المسرطنات ، فأسمدة النترات قد ينتج عنها نيتروأمينات nitrosamines والتى تعتبر من المسرطنات القوية. وبعض المسببات الحية قد تنشط فى المواد الغذائية منتجة مواد سامة ، قد تكون تلك المنتجات من مسببات السرطان مثل التوكسينات الفطرية mycotoxins ومنها الأفلاتوكسينات aflatoxines المسببة لسرطان الكبد والتى تظهر فى الفول السودانى والحبوب.

من المبيدات التى كثيرا ما تصل إلى الإنسان عن طريق الغذاء ، المبيدات العضوية الكلورية ومنها مركبات DDT والليندين والتى منع استخدامها فى كثير من دول العالم لخواصها المسرطنة.

قد يكون التلوث بمسببات مرضية سببا فى حدوث حالات من الإصابات السرطانية ، من ذلك الإصابات الكبدية بفيروس الكبد الوبائى B ولذى قد تنتج عنه حالات تليف فى الكبد ، ومن مضاعفاته إستسقاء فى تجويف البطن ونزيف فى دوالى المريء قد يتطور إلى سرطان كبدى . يتسبب هذا المرض فى وفاة ما يزيد على مليون شخص معظمهم من جنوب شرق آسيا والصين وإفريقيا.

60 % إلى 90 % من حالات الإصابة بالسرطان تعزى إلى تلوثات بيئية ، قد تكون جوية أو مائية أو غذائية أو إشعاعية أو مرتبطة ببعض العادات كالتدخين أو شرب الخمر ، أو مرتبطة بالعمل فى بعض الصناعة كصناعات التعدين والتسيج والأسبستوس أو دهان السيارات أو تنظيف المداخل. وقد عرفت العلاقة بين مهنة تنظيف المداخل وتعرض العاملين للهباب الناتج عن التنظيف والإصابة بسرطان الجلد منذ عام 1775. كذلك لوحظت إصابات سرطانية بين العاملين فى تكرير البترول وإنتاج الألومنيوم وصناعة الزجاج والكريستال واللحام ، وأيضا بين العاملين فى التنظيف للجاف والتحميض والطباعة وصناعة البلاستيك والمعرضين للرش بالمبيدات. وقد عرف ما يزيد عن 300 مادة تنتجها الصناعة صنفت على أنها من المسرطنات. الملوثات المختلفة ، وخاصة بعض الملوثات الكيميائية والإشعاعية كثير ما ترتبط بالإصابات السرطانية. فى دراسة أجريت ببولندا تمت عام 1990 وجد أن 4 % من إصابات سرطان الرئة بين الرجال و 10 % بين النساء ترجع إلى الإقامة بمناطق يزداد فيها معدلات الدخان الأسود إلى معدل سنوى يزيد عن 150 ميكروجرام فى المتر المكعب لعدة سنوات قبل اكتشاف المرض. وفى الولايات المتحدة الأمريكية قدر ما يبيت فى الجو من ملوثات سامة بحوالى 1200 مليون كيلوجرام سنويا ، وهذه تتسبب فى 1000 إلى ثلاثة آلاف حالة وفاة بالسرطان سنويا. وقد سجل وجود العديد من المواد الهيدروكربونية الأليفاتية والعطرية المسرطنة بالمناطق الملوثة بها ، ومصدرها الرئيسى هو إحترق البترول والبنازين والديزل (جدول 7)

جدول 7 : بعض الملوثات الهيدروكربونية ، تركيبها ومدى خطورتها

الخطورة	التركيب	المادة
+	$C_{18}H_{12}$	chrysene كريسين
+	$C_{18}H_{12}$	
+	$C_{22}H_{14}$	benzanthracene بنزأنثرسين
+	C_9H_8N	dibenzanthracene ديبينزأنثراسين
++	$C_{20}H_{12}$	
++	$C_{20}H_{14}$	quinoline كوينولين
++	$C_{21}H_{13}N$	benzofluoranthene بنزوفلورانتين
+++	$C_{18}H_{12}$	
+++	$C_{20}H_{13}N$	dibenzopyrene ديليزوبيرين
++++	$C_{20}H_{12}$	dibenacridine ديبينأكريدن
		benzophenanthrene بنزوفينانترين
		dibenzocarbazole دابينزوكربازول
		benzopyrene بنزوبيرين

لوحظ في السنوات الأخيرة بمصر تزايد مقلق لحالات إصابة الأطفال بأمراض السرطان ، وبخاصة سرطان العظام وسرطان الدم ، وقد سحب ذلك إرتفاع معدلات وجود المعادن الثقيلة ومنها للرصاص والكلاديوم وكذلك أملاح النترات في مياه الشرب . كما وجد عند تحليل لبنان الأمهات حدوث زيادة ، في كثير من الأحوال في معدلات وجود عنصر للرصاص وكثير من المبيدات الكلورينية التي تخزن في دهون الجسم . وصول الملوثات المختلفة إلى أجسام الأطفال سواء عن طريق مياه الشرب أو لبن الرضاعة أو الأغذية المختلفة مساهم في إرتفاع معدلات إصابة الأطفال بأمراض السرطان.

يتعرض الإنسان لثناء حياته لأنواع مختلفة من الأشعة والمجالات الكهرومغناطيسية ، بعضها ضار بالصحة ، وقد يكون حافظا للإصابة بالسرطان . فمن الأشعة الشمسية التي تصلنا مع الأشعة الضوئية الأشعة القصيرة المعروفة بالأشعة فوق البنفسجية والتي تزيد وصولها في بعض مناطق العالم نتيجة لظهور ثقب الأوزون ، والتي تعتبر المسبب الأول لمرض سرطان الجلد ، ففي دراسة نشرت سنة 1994 وجد أنه يحدث ما يزيد عن 2 مليون حالة ورم جلدي وحوالي 200 ألف حالة خبيثة منها malignant melanomas على مستوى العالم ، ومع إزداد تناقص الأوزون وإتساع بقعته في طبقة الإستراتوسفير يتوقع زيادة أعداد المصابين بسرطان الجلد ، ففي حالة تناقص الأوزون بمقدار 10 % ، من المتوقع إزداد حالات المرض بحوالي 15 % . وفي الطب يحدث التعرض لتلك الإشعاعات عند التشخيص بالأشعة وأثناء المعالجة بها .

يزداد التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية في الصناعة والأبحاث والطب وفي وسائل النقل وفي الاتصالات السلكية واللاسلكية . ومع تطور الحياة اليومية أصبح التعرض لهذه المجالات على نطاق واسع فإستخدام تلفيزيون والرايو والحاسبات الإلكترونية والتليفون وخاصة التليفون اللاسلكي والمحمول أصبحنا معرضين لتلك المجالات أكثر من الأزمنة السابقة . وفي دراسة حديثة نشرت سنة 1996 وجد أن الأطفال المقيمين قريبا من خطوط كهرباء عالية الفولت high voltage transmission lines حيث ينتج عنها مجالات كهرومغناطيسية ، تزداد معدلات الإصابة بينهم بمرض سرطان الدم بما يزيد عن 50 % عن المعدل . وعموما فإن الإشعاعات غير المؤينة تتسبب في زيادة حالات الإصابة بسرطان الدم والجلد ونخاع العظام والغدة الدرقية .

التعرض للإشعاعات المؤينة وهي التي تنتج عن إنبعاث جسيمات تنفصل عن ذرات معادن مشعة (شكل 38) ، قد يكون سببا في إحداث أمراض سرطانية ،

ويتوقف نوع السرطان على نوع نسيج الجسم الذي تلقى أقصى تركيز من الإشعاعات ، وقد حدث ذلك عند إلقاء القنبلتين الذريتين على كل من هيروشيما وناجازاكي باليابان سنة 1945 ، كما حدث في حالة التسرب الإشعاعي الذري بشفرنوبيل بأوكرانيا سنة 1986 ، حين تسربت كمية كبيرة من مواد مشعة فيها يود 131 تسبب بعد أربعة سنوات من الحادث في زيادة نسبة الإصابة بسرطان الغدة الدرقية على الأطفال ، حيث سجلت أكثر من 700 حالة لأطفال نقل أعمارهم عن خمسة عشر عاما في منطقة التسرب خلال الفترة من 1986 حتى 1995 ، وتمثل هذه الأعداد 200 ضعف للحالات العادية.

من حالات الإشعاعات المؤينة التعرض لغاز الرادون المشع. وقد قدرت حالات سرطان الرئة الناتجة عن التعرض للرادون في الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 20000 حالة سنويا. وقد وجد أن التدخين يزيد من فرص الإصابة بالسرطان. فقد قدرت حالات الوفاة الناتجة عن إجتماع التدخين مع التعرض للإشعاعات المؤينة ، لكل مليون شخص فوجئت كالتالى :

7000	شخص في حالة التدخين المفرط بالنسبة لعمال مناجم اليورانيوم .
2650	شخص في حالة التدخين المفرط بين عمال لا يعملون في مناجم يورانيوم.
200	شخص للمدخن العادى من غير العاملين في مناجم يورانيوم .
125	شخص من غير المدخنين وغير عمال مناجم اليورانيوم .

وعموما فإن دخول أية مادة مشعة من تلك التى تبث جسيمات ألفا داخل جسم إنسان ، تكون محفزة لإحداث سرطان فى المنطقة التى وصلتها ، قد تكون القصبه الهوائية ، وقد تكون الرئة أو العظام أو الكبد. تشمل تلك المواد المشعة اليورانيوم والراديووم والثوريوم والبلوتونيوم والرادون .

من المعروف أن بعض المواد لها خاصية الإضاءة في الظلام ، لهذا فكر بعض صناع الساعات الأوائل في صناعة ساعات ، أرقامها وعقاربها وإطاراتها يمكن رؤيتها في الظلام ، وقد أمكنهم ذلك بطلانها بمحلول راديوم أو غيره من النظائر المشعة ، وقد لوحظ بعدها ظهور حالات سرطان عظام بين العاملات في تلك المصانع. ومن المعروف أن الراديوم له خاصية الترسيب والتراكم في العظام وأن التخلص منه يحتاج إلى زمن طويل. وقد كان اليورانيوم يستخدم في أغراض متنوعة قبل إكتشاف الانفلاق النوى ، من ذلك إستخدامه في صناعة الأصباغ ومواد الطلاء اللامعة. يعزى إلى اليورانيوم كثرة إصابة عمال مناجم اليورانيوم بسرطان الرئة بسبب غاز الرادون الذى ينتج عن تحلله. بعد دخول الرادون ومخلفاته إلى المجارى التنفسية ووصوله إلى الرئتين تترسب مخلفاته فى الخلايا المخاطية للقصبة الهوائية ، ويخرج البعض مع هواء الزفير ، كما يذهب البعض إلى الدورة الدموية .

يؤدى التعرض للبلوتونيوم إلى حدوث طفح منتشر بصورة شديدة ، كما أنه عند إستنشاقه فإنه يستقر فى الجهاز الرئوى وينتج عنه إشعاعات تتسبب فى سرطان الرئة ، وقد حدث ذلك بالنسبة لمن بقى على قيد الحياة من مستوطنى هيروشيما وناجازاكي بعد إلقاء القنبلتين الذريتين عليهما .

لغالبية العظمى لمسيبات أمراض السرطان ترجع إلى محفزات للمرض إشعاعية مؤينة أو غير مؤينة ، كما ترجع إلى ملوثات أخرى للبيئة معدنية وكيميائية، إلا أن الدراسات الحديثة فى الربع الأخير من القرن الحالى أثبتت أن بعض حالات السرطان تنتبها مرضات بكتيرية وفيروسية وبعض الطفيليات الحيوانية . ويقرر حاليا أن ما يزيد عن 1.5 مليون حالة سرطان حديثة تحدث سنويا كان من الممكن تلافى ظهورها لو أمكن تفادى الإصابة للمرضية المعدية . من ذلك الإصابة بالبكتيريا هليكوبكتر بيلورى *Helicobacter pylori* والتي تعتبر من البكتيريا المسرطنة من الدرجة الأولى. تحدث تلك البكتيريا لإلتهاب معدة سطحي

مزمّن ، لو أهمل علاجه تحدث قرح قد تتطوّر إلى سرطان معدة. ينتشر هذا المرض فى كثير من الدول النامية وتقدر أعداد المصابين به بحوالى مليون شخص سنوياً. ويعتبر هذا المرض هو الوحيد الذى تتناقص احتمالات الإصابة به مع التقدم الإقتصادى ، إذ يرجع انتشاره إلى التزامم المعيشى مع سوء النظم الصحية من تلوث الماء والغذاء .

من السرطانات الأخرى المرتبطة بمسببات حية سرطان المثانة الذى يصيب حوالى 300 ألف شخص سنوياً ، فقد وجد أن ما يزيد عن 4 % من تلك الحالات تعزى إلى الإصابة بطفيل البلهارسيا والتى تكثر فى مياه أنهار كثير من الدول النامية ، وتحدث الإصابة بهذا الطفيل عادة من المياه الملوثة به أثناء الغسيل أو الاستحمام فى مياه النهر الملوث (شكل 41) .

الجزء الرابع

تِلْوَثَاتُ أَفْـرَی

التلوث البيولوجى

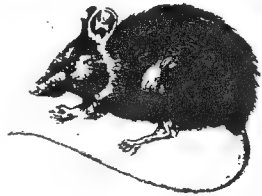
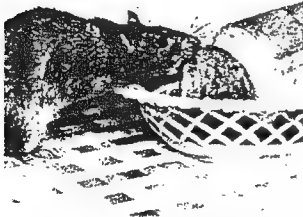
ينتج التلوث البيولوجى فى مختلف الأوساط البيئية عن تواجد أحياء أو منتجات حية غريبة أو متواجدة بأعداد غير عادية ، من ذلك مسببات أمراض الإنسان والحيوان والنبات ، من كائنات دقيقة تشمل البكتيريا والفطريات والفيروسات والبروتوزوا ، ومن كائنات حيوانية متطفلة ، فقد يحدث تلوث للماء عن أنواع من الديدان أو أحد أطوار نموها ، كما فى ديدان البلهارسيا والإنكلستوما والإسكارس والديدان الكبدية والشريطية. وقد يحدث التلوث فى المنزل عند إنتشار الحشرات المنزلية من ذباب ويعوض وبق وقمل وبراغيت وعاكب وصراصير. وقد يحدث التلوث من ألعاب وشعور الحيوانات الأليفة المنزلية كالعقود والكلاب والحيوانات غير الأليفة كالقنران التى تتكاثر سريعا فى المنازل غير المعتنى بنظافتها وفى أماكن تجمع القمامة. الحشرات والحيوانات الأليفة وغير الأليفة كثيرا ما تكون وسيلة لنقل بعض الأمراض الخطيرة (شكل 40). ويكثر تلوث الجو فى الربيع عند تفتح الأزهار وإنتشار حبوب اللقاح (شكل 2) ، والتى قد ينتج عنها وعن جراثيم الفطريات العالقة فى الهواء وعن أنواع من اللحم أمراض حساسية.

بعض الملوثات البيولوجية تنتج عن مخلفات المستشفيات وتشمل الدم والأنسجة المختلفة عن عمليات جراحية وبول وبراز وملابس المرضى والتى كثيرا ما تكون محملة بمسببات أمراضهم.

تكثر الملوثات البيولوجية فى حالات قلة الماء الصحى وعدم الإهتمام بنظافة الجسم والمكان وسوء التغذية وتربية الحيوانات الأليفة بالمنزل. وتزداد هذه الملوثات فى الأماكن الرطبة السيئة التهوية والغير معتنى بها ، ويجب بوجه عام أن لا تزيد رطوبة المنزل عن 50 ٪. ينتج عن عدم توفر الماء الصحى الأمن إنتشار كثير من الأمراض ، وخاصة أمراض الإسهال. ورغم الإهتمام العالمى بتوفير الماء الصحى والزيادة المستمرة فى أعداد الحاصلين عليه على مستوى العالم ، إلا

أن أعداد الفقادين للعناية الصحية نجدهم في زيادة أيضاً ، فقد كانت أعدادهم تقدر بحوالى 2600 مليون فرد سنة 1990 فقد زادوا وأصبحوا 2900 مليون شخص سنة 1994 والمتوقع وصول أعدادهم إلى 3300 مليون شخص سنة 2000.

كثير من الملوثات البيولوجية تتسبب فى حدوث أمراض معدية كأمراض الإسهال والإنفلونزا والمalaria والحصبة والجديري والتيفود والسل والبلهارسيا. وبعض الملوثات البيولوجية لا تتسبب مباشرة فى حدوث أمراض ولكنها تحدث الأمراض عن طريق ما تفرزه من سموم ، كما فى حالة تلوث الغذاء بالبكتيريا كلوستريديم *Clostridium* المسببة للتسمم البوتولينى وبعض الفطريات مسببة للتسمم الأفلاتوكسينى. يصاحب بعض المشاكل المرضية التى تنتج عن التلوثات البيولوجية بعض الأعراض والتى تختلف من سبب إلى آخر والتى تشمل العطس والكحة وصعوبة التنفس والإدماغ والهرش والدوخة والكسل والإرهاق والحمى وبعض المشاكل الهضمية من قيء ومغص وإسهال .



شكل 40 : الفئران تنوالد فى المنازل غير المعتنى بنظافتها وتنقل أمراضاً خطيرة

رغم التقدم الطبى الكبير واكتشاف المضادات الحيوية التى قامت بدور فعال قوى فى مقاومة العديد من الأمراض ، ورغم نشاط شركات الأدوية وظهور الكثير من الأدوية القاتلة لمسببات الأمراض ، ورغم النجاح الكبير فى مكافحة بعض الأمراض كالإسهال وأمراض الأطفال ، إلا أنه فى كل عام تظهر سلالات جديدة من ميكروبات ممرضة تتحدى ما اخترع من أدوية وما إكتشف من مضادات حيوية. وقد تنبه لذلك الكسندر فلمنج Alexander Fleming مكتشف أول مضاد حيوى عرف وهو البنسلين penicillin ، إذ أنه لاحظ أثناء أبحاثه بمعمله تكون طفرات بكتيرية فى المزارع البكتيرية المنمأة معمليا عند إستخدامه تركيزات أعلى من المضاد الحيوى .

تحدث التغييرات فى التركيب الوراثية للميكروبات بسرعة وبمعدلات أعلى بكثير إذا ما قورنت بالتغييرات التى تحدث للإنسان ، ويرجع ذلك إلى سرعة تكاثر الميكروبات فنجد أن البكتيرية الواحدة تنقسم تحت الظروف الملائمة مرة كل 20 إلى 30 دقيقة عادة ، فإذا فرض وحدث الإنقسام كل نصف ساعة فإن الفرد يصبح فردين بعد نصف ساعة ثم أربعة أفراد بعد ساعة ثم ستة عشر فردا بعد ساعتين ثم يصبح حوالى الألف فرد بعد خمسة ساعات فمليوناً بعد عشر ساعات. أما الفيروسات فتعطى أعدادا أكبر بكثير ، فنجد أن بعضها يمكن أن ينتج عن الفرد ألفا من الأفراد بعد ساعة واحدة ثم يصبح مليوناً بعد ساعتين. أما الإنسان فإن الجيل الواحد قد يصل إلى 20-30 سنة فيصبح الاثنان أى للزوجان ثلاثة مثلاً بعد مرور عام من زواجهم ، ثم تزداد أعدادهم حتى يصلوا عند التنازل إلى عشرة أفراد بعد 20 سنة أخرى . الفرق شاسع !!! ولا مقارنة. من ذلك نتضح لنا الفرص الكبيرة لحدوث تغييرات سريعة وكثيرة فى التركيب الوراثية بين أفراد الميكروبات العديدة الناتجة خلال زمن قصير ، حيث تزداد فرص حدوث طفرات والإحتمالات الكبيرة . لظهور أفراد ذات قدرات عالية على التأقلم للظروف البيئية المستجدة .

لم يقتصر التوسع فى إستخدامات المضادات الحيوية على أمراض الإنسان ، بل إستخدمت ويتوسع فى الوقاية ضد أمراض الحيوانات المستأنسة ، فوجد أن حوالى 50% من المضادات الحيوية المستخدمة حالياً تعطى وقائياً فى كثير من مزارع الحيوانات والدواجن والأسماك ، ذلك أن تزام حيوئيات من نوع واحد فى مكان محدود يساعد على انتشار الأوبئة فيما بينها ، ذلك كما يحدث عند تزام الإنسان فى الأماكن المغلقة . لم يقتصر التلوث على المضادات الحيوية التى تعطى للحيوانات وقاية ضد الأمراض بل أضيف إليها أيضاً التلوث بهرمونات النمو طمعاً فى مكسب كبير وسريع .

بعد النجاح الكبير فى مكافحة بعض الأمراض على المستوى العالم كمرضى السل والملاريا وتناقص معدلات الإصابة بهما ، تغير الوضع فى العقدين الأخيرين فعادت معدلات الإصابة بهما فى الإرتفاع ، ونتج ذلك عن ظهور سلالات جديدة من ميكروبى السل والملاريا تقاوم الأدوية العلاجية والوقائية الخاصة بهما. ويحدث مثل ذلك بالنسبة لفيروسات الإنفلونزا حيث تسمع كل عام عن حدوث حالات وبائية بفيروسات إنفلونزا جديدة لم يسبق أن سمعنا عنها .

تتسبب الملاريا عن بروتوزوا تعرف باسم بلازموديوم *Plasmodium* تعيش خلال فترة من حياتها فى أجسام إناث أنواع من البعوض من جنس أنوفيلس *Anopheles* ، وتعيش حشرة البعوض خلال فترة من حياتها فى الماء الراكد. وقد أمكن بإستخدام نواء كلوروكوين *chloroquine* علاج مرضى الملاريا ، وبإستخدام المبيد DDT القضاء على البعوض فى الفترة التى يعيشها بالماء وكذلك فى الفترة التى يطير فيها بالجو ، وبذلك أمكن محاصرة المرض كثيراً حتى كاد مرض الملاريا أن يختفى من العالم. لكن ما تبقى من بعوض الملاريا لم يستسلم فظهرت منه منذ أقل من خمس وعشرين عاماً سلالات جديدة تقاوم المبيد المستخدم فى مكافحة الحشرة فى الجو والماء ، كما تطورت البروتوزوا المسببة للمرض فأصبحت مقاومة للدواء المستخدم فى العلاج. عاد المرض أكثر عنفاً عن سابقه ...

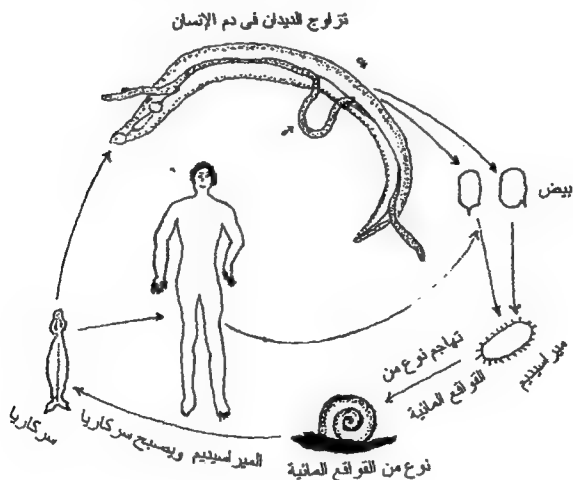
انتشرت السلالات الجديدة للبعوض حاملة السلالات الجديدة من بروتوزوا الملاريا خلال عشر سنوات في آسيا والشرق الأوسط وشرق أفريقيا ثم واصلت بعد ذلك إنتشارها في باقي القارة الإفريقية.

ما حدث للملاريا حدث مثله لمرض السل ، فيعد أن كاد يعلن القضاء التام على مرض السل في أنحاء العالم وأنه أصبح في حكم التاريخ ، حتى ظهر من جديد بسلالات بكتيرية جديدة تتمتع بدرجة عالية من المقاومة ضد الأدوية المستخدمة في علاجه ، ووجب البحث عن أنوية جديدة فعالة.

ومن التلوثات البيولوجية الهامة تلوث المياه بديدان البلهارسيا والمسببة لثنائي أمراض المناطق الحارة خطورة وانتشارا بعد الملاريا ، حيث يصاب بها سنويا عددا يتراوح ما بين 150 مليون إلى 200 مليون شخص ، ويموت بسببها حوالي 200 ألف شخص سنويا وهو مرض متوطن في بعض مناطق إفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية حيث يصاب به المزارعون والصيادون. تعيش الديدان جزءا من دورة حياتها في نوع من القواقع المائية (شكل 41) ، وتعتمد عمليات مكافحة المرض على إياداة تلك القواقع سواء عن طريق تجفيف المسطحات المائية الراكدة التي تستوطنها هذه القواقع ، أو الإعتماد على المركبات الكيماوية في القضاء عليها ، وعادة يستخدم لذلك مركب كبريتات النحاس. رغم أن كبريتات النحاس إذا زادت عن حدود المسموح تصبح سامة للإنسان وبعض الأحياء المائية.

إضافة إلى ما تقدم ، فإن أمراضا خطيرة جديدة لم تكن معروفة في الماضي ، ظهرت وبدأت في الإنتشار ، فمنذ عام 1973 وحتى عام 1992 ظهر أكثر من ثلاثين مرضا جديدا. كذلك فقد تسبب الميكروبات في قتل 16.5 مليون شخص عام 1993 على مستوى العالم ، ويمثل هذا العدد 32 % من مجمل وفيات العالم. تزداد معدلات وفيات الأمراض المعدية بين شعوب الدول النامية إلى 42 % . وقد ساعد على الإنتشار السريع للأمراض المعدية تكديس الناس في المدن. ففي سنة 1950

كان سكان المدن يقدرون بحوالى 740 مليون نسمة بنسبة حوالى 24 % من جملة سكان العالم وقتها ، فأصبحت أعدادهم سنة 1995 حوالى 2600 مليون يمثلون 45% من سكان العالم ، ويتوقع أن يصل سكان المدن سنة 2025 إلى 60 % من مجمل سكان العالم. هجرة سكان الريف إلى المدن كثيراً ما ينتج عنها إزدياد فى المناطق العشوائية الفقيرة بالمدين ، حيث يتكدس الناس فى أماكن ضيقة سيئة التهوية ، قليلة المرافق الصحية ، وذلك يساعد على إنتشار الأمراض الوبائية. يتم التوسع فى المدن دائماً على حساب الأراضى المنزرعة ، فخلال العقد من عام 1980 إلى 1990 فقد العالم حوالى 150 مليون هكتار من الغابات (أى حوالى 360 مليون فدان).



شكل 41 : دورة حياة ديدان البلهارسيا

من الأمراض الفيروسية الحثيثة الظهور والتي تمثل خطورة كبيرة ، مرضى الإيدز AIDS والإيبولا ebola . وقد وصلت أعداد المصابين بفيروس HIV المسبب لمرض الإيدز سنة 1994 إلى أكثر من 25 مليون شخص على مستوى العالم ، وبمعدل إصابات جديدة لحوالي أربعة ملايين شخص سنويا ، تحدث معظمها في جنوب شرق آسيا وفي إفريقيا. وقد قدر أن حوالي 200 ألف طفل إصابوا بالمرض سنة 1997 خلال الرضاعة من الأم المريضة. حضانة فيروس الإيدز طويلة وقد تصل إلى عشرة سنوات ، لهذا فإنه يمكن إضافة ملايين الأشخاص المصابين ولكن لم تظهر عليهم أعراض المرض ، إلى الأعداد السابقة المعروف إصابتهم بعد إنقضاء فترة حضانة للمرض.

الفيروس المسبب لمرض إيبولا فيروس قديم يصيب بعض الحيوانات ومنها الفئران منذ آلاف السنين ، ولكنه ظهر حديثا على الإنسان الأفريقي على طول نهر إيبولا ب زائير سنة 1976 محدثا بالمرضى أنزفة دلخلية وأخرى خارجية مع ظهور بقع جلدية زرقاء. تحدث الأنزفة للدخلية خلطات دموية في الأوعية والشعيرات الدموية ، وتظهر الأنزفة الخارجية من خلال فتحات الفم والأنف والشرج ، وتصل الوفيات الناتجة عن المرض إلى حوالي 90 % من الإصابات.

كثيرا ما يتلوث الجو وخاصة في المناطق الزراعية بمسببات الأمراض التي تصيب النباتات وخاصة بجراثيم الفطريات الممرضة والمسببة لأمراض الأصداء والتفحمات والبياض بنوعيه الزغبي والدقيقي وكثير من تبقعات الأوراق. وقد ثبت وجود بعض تلك الجراثيم في الهواء الجوى على ارتفاعات كبيرة تصل إلى عشرة كيلومترات فوق مزارع قمح مصابة بأمراض الأصداء. توجد أيضا بالأساط البيئية الهوائية والمائية والأرضية مسببات أمراض نباتية بكتيرية وفيروسية وأطوار ديدان نيماتودية وحشرات وعناكب ملوثة للبيئة ومهددة بإحداث أمراض نباتية (شكل 42).



جراثيم فطرية تسبب في امراض نباتية



ديدان نماتودية تسبب امراض نباتية



انواع من البكتيريا



لورام سرطانية في ساق
تفاح نتجت عن إصابة بكتيرية

شكل 42 : ملوثات بيولوجية تنتج عنها إصابات نباتية

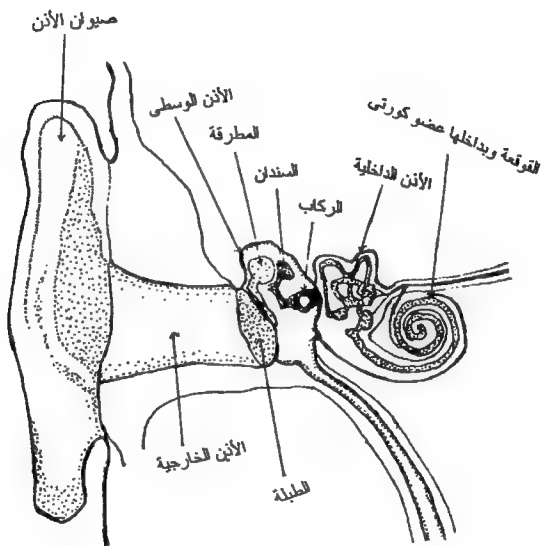
التلوث السمعى

ينتقل الصوت فى الهواء بشكل موجات متتالية تشبه موجات الماء عند إلقاء جسم صلب فى ماء ساكن ، تتحرك موجات الصوت فى جميع الاتجاهات ويمرعة تقدر ب 330 متر/ ثانية. تعرف عدد الموجات (الذبذبات) التى تتكون فى ثانية واحدة بالتردد. يقاس التردد بوحدات قياس تعرف بالهرتز Hertz ويرمز لها H_z ، ووحدة التردد تعادل موجة واحدة فى الثانية. يمكن لأذن الإنسان سماع الأصوات ذات التردد من $20 H_z$ وحتى $20000 H_z$. وفى المناقشات العادية نجد أن تردد الصوت يقع ما بين $300 H_z$ وحتى $4000 H_z$. إرتفاع الموجة الصوتية ينتج عنه قوة الصوت أو شدته ، فكلما إرتفعت الموجة زادت شدة الصوت ، وتقاس شدة الصوت بوحدة الدسيبل decibel ويرمز لها dB وهو مقياس لوغاريتمى يبدأ من 0 dB إلى 194 dB ، وكلما زاد الرقم زادت شدة الصوت أى زادت الضوضاء ، ولأن هذا الرقم لوغاريتمى فإن 20 dB أقوى 100 مرة من 0 dB و 30 dB أقوى 1000 مرة من 0 dB و 40 dB أقوى 10000 من 0 dB ، وهكذا.

تمر الموجات الصوتية خلال القناة السمعية فتتهتز طبلة الأذن eardrum ، تنتقل الموجات الصوتية الإهترازية خلال العظيماى الثلاث* بالأذن الوسطى إلى الأذن الداخلية حيث يقوم عضو كورتى organ of corti بتحويل هذه الموجات الإهترازية إلى نبضات عصبية (شكل 43) . تنتقل النبضات العصبية إلى المخ بواسطة العصب السمعى auditory nerve ، وينتج عن ذلك الإحساس بالسمع. أى ضرر يحدث لطبلة الأذن أو أى من العظيماى الثلاث أو فى عضو كورتى يؤدى إلى حدوث خلل فى السمع . يفقد السمع أو يضعف عند تلف كل أو بعض الشعور الرقيقة لعضو

* العظيماى الثلاث هى المطرقة malleus والسندان incus والركاب stapes

كورتي ، ويحدث هذا التلف طبيعياً مع التقدم في العمر ، أو يحدث نتيجة للتعرض لأصوات شديدة الارتفاع . يؤثر تلف الشعور الرقيقة لعضو كورتي على تحويل الموجات الصوتية الاهتزازية إلى نبضات عصبية . هذا التلف في خلايا شعور عضو كورتي يؤدي إلى أضرار غير رجعية بحاسة السمع ، ولا يفيد فيها إستخدام أجهزة السمع للمساعدة .



شكل 43 : التركيب الدخلى للأذن

تتعدد مصادر التلوث السمعي الناتجة عن ارتفاع شدة الصوت والضجيج الذي ينتج عن تداخل عديد من الأصوات وتزداد مصادره باستمرار نتيجة للتقدم التكنولوجي ، والتوسع في ميكنة العمليات المنزلية ووسائل النقل المتعددة من سيارات وشاحنات ودراجات بخارية (شكل 44) وقطارات وطائرات ، وما يلزم ذلك من إستخدام آلات تنبيه عادية وأخرى تميز سيارات الحالات العاجلة من إسعاف ومطافئ وشرطة . يصل التلوث السمعي إلى أقصاه قرب المطارات الرئيسية حيث تصل شدة الصوت إلى 150 ديسيبل عند إقلاع طائرة نفائثة محدثة صوتاً مؤلماً ضاراً بالأذن . وفي داخل منازلنا نجد أن تشغيل راديو ستيريو قد يحدث صوتاً تصل درجته إلى 120 dB ، ونجد أن المكثفة للكهربائية والخلط وغسالة الأطباق قد تصل أصواتها إلى 85 dB ، وأن مجفف الشعر قد يحدث تلوثاً سمعياً تصل شدته إلى 80 dB .

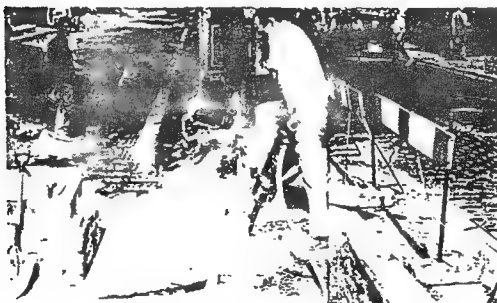


شكل 44 : دراجة بخارية تحدث تلوث سمعي مؤلم ويصعبه تلوث حرق وقود

جدول 8 : تجاوب الإنسان مع شدة الأصوات المختلفة

مصدر الصوت	شدة الصوت (dB)	تأثير الصوت على الإنسان
-----	0	بداية السمع
حديث هامس	10	يكاد يسمع الصوت
ستوديو محطة إذاعة	20-30	هادئ جداً
حجرة معيشة - حجرة نوم	40	هادئ
حركة مرور خفيفة	50	هادئ
وحدة تكييف هواء (على بعد 6 م)	60	متوسط
صوت إنسان (بعد 1 متر)	70	صعوبة الحديث التليفوني
مطعم صاخب	70	صعوبة الحديث التليفوني
حركة مرور أوتوستراد	70	صعوبة الحديث التليفوني
إنذار ساعة منبهة (بعد 2 م)	80	مضايق
مجفف شعر	80	مضايق
مكنسة كهربائية	85-90	شديد المضايقة
غسالة أطباق	85-90	(يحدث ضرر سمعي عند التعريض لمدة ثمان ساعات)
خلاط	85-90	“ “ “
شاحنة كبيرة (بعد 15 م)	85-90	“ “ “
حركة مرور المدينة	85-90	“ “ “
شاحنة قمامة	100	مزعج
مدق الخوازيق	110	مزعج جداً
آلة تكسير الأسفلت	110	مزعج جداً
آلة تنبيه سيارة (بعد 1 م)	120	أقصى مجهود صوتي
إقلاع طائرة نفائثة (بعد 60 م)	130	صوت مؤلم
دراجة بخارية	130	صوت مؤلم
قصف الرعد	130	صوت مؤلم
تسليط طائرة نفائثة	140-150	صوت مؤلم جداً
تدجيرات	140-150	صوت مؤلم جداً

من ذلك نجد أن الضوضاء هي صفة ملازمة للمدن مقارنة بالريف . تزداد مع استخدام مستحدثات التكنولوجيا وتقل مع الحياة الفطرية البسيطة . تزداد مع التصنيع وتقل مع الفلاحة ، ففي المساكن المطلة على شوارع ذات حركة نقل كثيفة بالمدن يتراوح معدل الضوضاء ما بين 70 إلى 90 ديسيبل ، وقد تزيد عن ذلك في ساعات الذروة ، وقد وصلت الضوضاء في بعض مناطق القاهرة إلى 95 dB ، بينما في المساكن الريفية الهادئة نجد أن شدة الصوت تتراوح بين 0 dB و 40 dB في معظم دول العالم المتقدم تعتبر أقصى شدة للصوت مسموح بها هو 80 إلى 90 ديسيبل ، ولمدة لا تزيد عن ثمان ساعات يوميا. وعموما فإن التعرض المستمر لأصوات تزيد شدتها عن 70 dB تضرر بالآذن، ويزداد الضرر كلما زادت شدة الصوت وكلما زاد زمن التعرض، ويظهر ذلك على العاملين على أجهزة تصدر أصواتا مرتفعة كما في حالة عمال تكسير الأسفلت (شكل 45) .



شكل 45 عامل يقوم بتكسير الأسفلت مستخدماً آلة تحدث صوتاً مرعاجاً جداً

يختلف التلوث السمعى عن غيره من الملوثات فى أن أثره المباشر يزول لحظة توقيفه ، بمعنى أنه بمجرد أن يتوقف الصوت المرتفع يعود الهدوء ، كما أن الإحساس بالضوضاء يحدث ثانية بمجرد عودة الصوت المسبب للإزعاج. كذلك فإن تأثير التلوث السمعى هو تأثير محلى لا يتعدى أثره مجال سماعه ، فالساكن فوق ورشة سمكرة سيارات يقامى من الإزعاج الصوتى ، أما البعيد عن الورشة فلا يتأثر بأصواتها.

أثبتت الدراسات العلمية وجود ارتباط قوى بين التلوث السمعى وإنتشار بعض الأمراض وخاصة الأمراض المتعلقة بالجهاز السمعى والجهاز العصبى والجهاز الهضمى والجهاز التنفسى.

يضر الجهاز السمعى بالضوضاء ، ويبدأ ذلك فى القدرة السمعية ، تتدرج بظهور صعوبة فى القدرة على متابعة وتفهيم المناقشات العادية ، حتى تصل إلى فقدان الكلى للقدرة على السمع أو الطرش الكامل. ويبدأ أثر الضوضاء على الشخص بفقد قدرته على سماع الأصوات ذات التردد العالى ، ولمعرفة ذلك تختبر القدرة على سماع أصوات فى نطاق تردد H_z 4000 والتي تشمل صوت دقات المنبه أو رنين تليفون. كما تختبر القدرة على تمييز الحرفين س (S) وش (Sh) ، والحرفين پ (P) وم (M) ، والحروف ت (T) وف (F) و ث (Th) ، والحرفين پ (P) و ث (V) ، وهؤلاء الأشخاص يصعب عليهم وضوح الصوت وليست شنته. مثل هؤلاء الأشخاص قد يقاسون من ألم حاد فى الأذن عند تعرضهم لصوت شديد الارتفاع .

وجد أن العاملين المعرضين فى أعمالهم لأصوات مرتفعة تزداد بينهم أمراض السمع بحوالى 18 مرة عن غيرهم ، كما تقل بينهم القدرة على التركيز والانتباه والقيام بأعمال ذهنية ، كما تزيد بينهم حالات الإصابة بالقرح خمس مرات عن غيرهم ، وتزداد حالات ارتفاع ضغط الدم بينهم بحوال 1.4 مرة. وعموماً فإن

الضوضاء العالية والتي تحدث فجأة يتسبب عنها زيادة فى ضربات القلب وفى سرعة التنفس وفى ارتفاع ضغط الدم وفى حدوث إنقباض فى الشرايين وفى الشعيرات الدموية وفى زيادة نسبة الكوليسترول بالدم. لا تقتصر أضرار الضوضاء على حدوث أمراض جسدية ، بل قد تتسبب بجانب ذلك فى حدوث أضرار نفسية تظهر فى حدوث صداع وآلام بالرأس وفقدان الشهية واحلام مزعجة .

أثبتت الدراسات الحديثة أن أضرار الأصوات المرتفعة تظهر أيضا على الأجنة داخل الأرحام ، حيث تزداد ضربات قلوبهم ، كما يزداد رفسمهم فى بطون أمهاتهم. وفى دراسة باليابان وجد أن الحوامل اللذين يعيشون فى بيئة ذات ضوضاء مرتفعة يكون مواليدهم أقل وزنا من اللذين يعيشون فى بيئات هادئة ، ويعمل ذلك بأن الضوضاء تؤثر على بعض الهرمونات أو قد تسبب إنقباض فى الأوعية الدموية الواصلة إلى الأجنة.

فى ضوء ما سبق نتضح لنا الأضرار الجسيمة التى تنتج عن الضوضاء مما أصبح معه من الضرورى العمل على الإقلال من شدة الأصوات المنبعثة من مصادرها أو البعد عن مصادر تلك الأصوات وذلك باتباع ما يلى :

1 - تحديد الحد الأقصى لمستويات أصوات التنبيه فى السيارات ، وتحاشى إستخدامها إلا عند الضرورة ، فيمنع إستخدامها فى مواكب الأفراح أو للنداء على أشخاص ، أو أثناء الوقوف فى إشارات المرور ، وفى المناطق السكنية أو حيث توجد المدارس والمستشفيات .

2 - المنع البات لإستخدام الميكروفونات فى الأفراح والمآتم إلا فى حدود أسمع الحاضرين ، وعدم تجاوز الصوت إلى خارج أماكن التجمع .

3 - منع رفع أصوات المذياع أو التليفزيون أو الكاسيتات سواء فى المنازل أو النوادى أو المقاهى أو المتاجر أو السيارات ، على أن لا يتجاوز الصوت أسمع المكان المذاع فيه.

4 - إنشاء المطارات بعيدة عن الأماكن السكنية بعداً كافياً ، ولا يسمح ببناء مساكن بعد ذلك فى حرم المطارات .

5 - يراعى عند إنشاء المستشفيات والمدارس بعدها عن الطرق العامة وحركة النقل السريع .

6 - يراعى تخصيص أماكن أو أحياء خاصة للورش والمصانع تكون بعيدة عن الأماكن السكنية .

7 - التوسع فى زراعة الأشجار بالمدن بإعتبارها وسيلة لإمتصاص الصوت وتقليل حدة الضوضاء .

8 - عند الضرورة وحين يكون الهدوء التام متطلباً تبطن الحجرات بعوازل للصوت.

التلوث الحرارى

يقصد بالتلوث الحرارى التغييرات الحرارية الواضحة غير الطبيعية التى تحدث فى الأوساط البيئية وتكون ضارة بالأحياء ، ونتيجة للتدخلات الإنسانية .

يحدث تلوث حرارى للمياه ، عند إستخدامها للتبريد فى محطات القوى الكهربائية وخاصة فى حالة المفاعلات النووية التى تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه لتبريد المفاعلات. تؤخذ مياه التبريد من مصدر مياه طبيعى ، تؤخذ منه باردة ، ثم تعاد المياه إلى المصدر ثانية وهى فى حالة ساخنة قد تقارب فى حرارتها درجة غليان الماء. كثيراً ما تؤثر حرارة الماء المرتفعة التى تصيب فى مجرى الماء ، تأثيراً ضاراً على الكائنات الحية المختلفة الموجودة فى الماء ، ويظهر الأثر واضحاً إذا كان مصدر الماء محدود وغير متجدد ، كما فى حالة صب الماء فى بخيرة ، حيث أن تكرار أخذ الماء وإعادته بعد تسخينه يتسبب بعد فترة فى التسخين العام لماء البحيرة. قد يؤدى تسخين للماء إلى إحداث تغييرات فى طبيعة التوازن البيئى بين أحياء الوسط المائى ، ففسود كائنات محبة للحرارة على حساب كائنات البيئة الطبيعية الأصلية.

من المعروف أن الماء كلما ارتفعت درجة حرارته كلما قلت قدرته على الاحتفاظ بالأكسوجين الذائب ، أى أن تسخين الماء يتسبب فى قلة محتواه من الأكسوجين الذائب ، مما يضر بالنشاط الحيوى لأحياء الماء التى تحتاج إلى الأكسوجين لتنفسها .

ينصح لإقلال أضرار التلوث الحرارى فى المياه ، بعدم صب الماء الساخن مباشرة على سطح الماء ، بل أن يصب الماء فى الأعماق حيث تكون حرارة الماء العميق أكثر برودة من المياه السطحية فتقل أضرار التغيير الحرارى ، كما أن صب الماء الساخن فى الأعماق سوف يساعد على عملية تقليب الماء ، إذ أن الماء الساخن

سيرتفع إلى أعلى ويحل محله مياه السطح الباردة ، وبذلك تقل التغيرات الحرارية ، كما أن التقليل يساعد على توزيع مغذيات الماء .

يحدث تلوث حرارى للهواء الجوى فى داخل المدن ، وخاصة فى الشوارع التجارية فى الجو الحار حيث يكثر استخدام أجهزة التكييف داخل المحال التجارية والمكاتب. تقوم أجهزة التكييف بتحسين الجو داخل المحلات والمكاتب ، وفى نفس الوقت تدفع بالهواء الساخن إلى الخارج حيث ترتفع حرارة الجو فى الشارع ... فبينما يتمتع المقيم داخل المكان المغلق بجو يميل للبرودة نجد أن الموجود خارج تلك الأماكن المكيفة يقاسى من زيادة ارتفاع حرارة جو الطريق زيادة عن المعدل العام .

يضاف إلى كل ما سبق ، التلوث الحرارى العام الناتج عن بث غاز ثانى أكسيد الكربون وغيره من غازات التأثير الصوبى على التسخين الشامل لجو الأرض والآثار الخطيرة التى يتبناها بعض العلماء نتيجة للارتفاع المتوقع فى حرارة الكرة الأرضية والتى شملها الحديث السابق عن التأثير الصوبى.

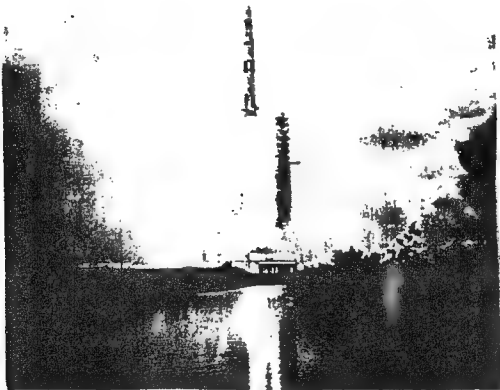
تلوث الفضاء الخارجي

لم يعد أمر التلوث قاصرا على بيئة الأرض بأوساطها الثلاثة ؛ اليابسة والماء والهواء ، بل إن التلوث إمتد فى السنوات الأخيرة إلى خارج حدود الأرض ... إمتد إلى الفضاء الخارجى ، ويرجع الفضل فى ذلك إلى الإنسان وتكنولوجياه الحديثة !!، فكثير من دول العالم تتسابق فى تجاربها فى الفضاء وفى الإستفادة من وجودها فى بعض أماكن فيه. ترسل كثير من الدول بسفن فضائية وأقمار صناعية وتقيم محطات فضائية ، حيث تتخذ لكل منها مدارا حول الكرة الأرضية أو توصل سيرها نحو كوكب آخر فى الفضاء ، مستعينة فى ذلك بالصواريخ التى تدفعها بقوة ومخرقة الغلاف الجوى بطبقاته المختلفة حتى تصل إلى الفضاء بعيدا عن قوة جذب الأرض (شكل 46). الصواريخ التى تقوم بعملية الإطلاق لا تعود ثانية سليمة كما كانت ، بل تنفجر عادة إلى شظايا عديدة ، فإذا كان الانفجار دخل الغلاف الجوى عادت شظاياها إلى الأرض ، وإذا حدث ذلك بعد تخطيها حدود الأرض إتخذت لها مدارات حول الأرض . والأقمار الصناعية وسفن الفضاء التى تلتف لو تنتهى الأهداف التى أرسلت من أجلها لا تعود عادة. كل تلك المخلفات تسبح فى الفضاء متخذة لها مدارات ، وبذلك أصبح الفضاء ، بفعل الإنسان ، ملوثا ، وأصبحت الأقمار والسفن العاملة والتالفة وشظايا الصواريخ وغيرها من مخلفات السفن والأقمار والمحطات عرضة للتصادم أو السقوط والعودة ثانية إلى الأرض . تدور معظم المخلفات الفضائية ، والتى تقدر حاليا بما يزيد عن عشرة آلاف جسم تسبح فى الفضاء على إرتفاعات تتراوح ما بين 500 إلى 2000 كيلومتر من سطح الأرض.

تظهر الخطورة من بعض الأقمار الصناعية التى تعمل بطاقات ذرية أو نووية وتدور على مدارات قريبة نسبيا من الأرض. وقد إتضح ذلك الخطر عندما تحطم قمر سوفيتى فى شهر ديسمبر عام 1988 على إرتفاع 260 كيلومترا فوق المحيط الهندى ، وقد سبق ذلك بعشر سنوات أن سقط قمر صناعى آخر وسقط فوق كندا.

يمثل كلا السقوطين وما يتوقع من أمثالهما فى المستقبل تهديدا إشعاعيا مستمرا لسكان الأرض .

وهكذا لو أننا الأرض ترابها ومائها وهوائها ، وواصلنا التلويث فى الغلاف الجوى حتى تخطيناه ، فوصل الإنسان بجبروته إلى الفضاء الخارجى فتركنا بصمتنا قوية واضحة فى الفضاء ... أجسام تدور بعضها محمل بوقود مشع ونحن فى الأرض مهددون فى أى وقت بسقوط أى من هذه الأجسام علينا .



شكل 46 : إطلاق الصواريخ تساهم فى تلوث الفضاء

الجزء الخامس

الملاحظات

الملوثات المعدنية والكيميائية

يرتبطت النشاطات الإنسانية فى مختلف المجالات ، زراعية وصحية وتجارية وصناعية ، بتداول وإطلاق وتسرب العديد من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية فى الأوساط البيئية المختلفة ، جوية ومائية وأرضية ، والإستخدام لكثير من المعادن ، وقد وصلت أنواع المواد الموجودة فى البيئة ، فى صور مختلفة ، غازية وسائله وصلبة إلى ما يقرب من مائة ألف مادة مختلفة ، 10 % منها فقط آمنة والباقي الذى يقدر بحوالى 90 % يمثل خطورة على أحياء الأرض . أعداد المواد المنتشرة فى تزايد مستمر حيث تعمل المعامل الكيميائية باستمرار فى تخليق مركبات جديدة معظمها ملوث لبيئة الأرض ، وتظهر هذه المركبات من مصانع الأدوية بحثاً عن علاجات مستجدة للأمراض الإنسانية والبيطرية وفى مصانع المبيدات بحثاً عن مبيدات وافية أو علاجية للنباتات ، وتظهر هذه المركبات فى مراكز البحث العلمى للجامعات والوزارات والمصانع المختلفة . ولقاء الباحث عن مركبات جديدة بأغراض معينة تنتج مركبات أخرى غير مطلوبة ، وهكذا تزداد باستمرار أعداد المركبات الموجودة ببيئة الأرض . ويزداد التعرض لأخطار بعضها عاماً بعد آخر.

تدخل كثير من هذه المركبات إلى منازلنا ونستخدمها فى أغراض مختلفة تشمل عمليات النظافة والتطهير والتعطير والتجميل ، كما يدخل البعض منها فى ما نستخدمه من وقود ومبيدات ومنظفات صناعية وورنيشات وشموع ، كما تدخل بعض المركبات فى تركيب الدهانات ومواد البناء والتشطيبات وصناعة الأثاث . وفى دراسة بالولايات المتحدة الأمريكية وجد أن حوالى 12 مادة عضوية خطيرة ومسرطنة توجد داخل المنازل وبنسبة تزيد من ضعف إلى خمسة أضعاف وجودها خارج المنازل ، ومن أكثرها وجود البنزين وبيركلوروايثيلين وبارا ديكلوروبنزين . بعض المواد الضارة تضاف إلى الأغذية المسموقة بأغراض مختلفة قد تكون لإطالة مدة حفظها أو لإعطاء لون مرغوب أو نكهة خاصة أو رائحة خاصة أو إعطاء

مذاق حلو بدلاً من السكريات . ومن المواد التي شاع إضافتها نترات الصوديوم ونترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم وجلوتامات الصوديوم sodium glutamate، كما تعطى هرمونات للدواجن والمواشي لزيادة وزنها ومضادات حيوية للحيوانات لوقايتها ضد الأمراض .

اجتاحت الثورة الكيميائية العالم بسرعة رهيبية ، ففي عام 1930 كان الإنتاج السنوي العالمي للمواد الكيميائية العضوية حوالي مليون طن ، يرتفع عام 1950 إلى حوالي 7 مليون طن ، ثم وصل عام 1970 إلى حوالي 63 مليون طن ، ثم زاد عام 1990 إلى حوالي 500 مليون طن .

يختلف تأثير المركبات المختلفة والملوثة للبيئة حسب نوعية المادة الملوثة وتركيزاتها وزمن التعريض لها ، وعموماً فإن آثار الملوثات كثيرة منها التسمم المعدني والأضرار بالجهاز الهضمي والجهاز العصبي والجهاز التنفسي والكبد والكلية وحساسية الجلد ، ومنها الإصابة بالأمراض السرطانية و حدوث تشوه للأجنة وضعف الجهاز المناعي . وقد عرف حوالي 300 إلى 350 ملوث كمسببات لأمراض سرطانية مهنية تشمل مواد كيميائية منها البنزين والكروم والأسبستس والفنروأمينات . وقد وجد في دول الاتحاد الأوربي حوالي 16 مليون شخص معرضين في عملهم لعوامل مسرطنة تنتج عنها أمراض سرطانات الرئة والمثانة والجلد والكبد والعظام وغيرها . كذلك فإن المهنيين يتعرضون أثناء عملهم لعوامل مسببة للحساسية allergic agentis تصل إلى أجسامهم خلال أجهزةهم التنفسية أو عن طريق جلودهم وقد قدرت بحوالي 3000 عامل مسبب .

وقد جاء ذكر العديد من المواد الملوثة خلال أحاديثنا السابقة عن التلوث البيئي وفيما يلي نتمه الحديث عن بعض الملوثات التي لم تذكر تفاصيلها أو بعض ما تسببه من أضرار لم يسبق ذكرها .

الغبار والدخان

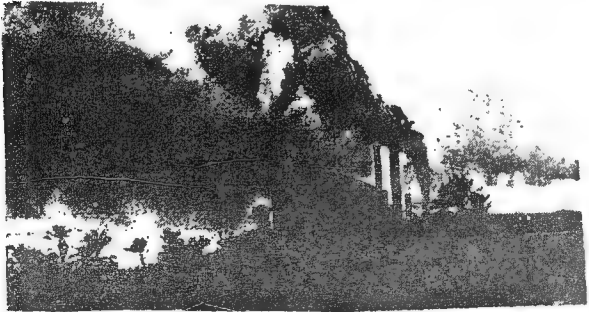
يقصد بالغبار dust المواد الصلبة العالقة بالهواء وتزيد في أقطارها عن ميكرون واحد ، ويقسم الغبار إلى غبار كبير وهو ما تزيد أقطاره عن عشرة ميكرونات ، وغبار دقيق وهو ما تقع أقطاره ما بين 1 إلى 10 ميكرون . الدخان smoke هو المواد الصلبة للعالقة التي تنقل في أقطارها عن ميكرون واحد .

يزداد تولد الغبار والدخان بالجو أثناء هبوب للرياح الشديدة الجافة ، وحدثت العواصف والأعاصير وخاصة للقادمة من مناطق تربية لورمية . تكثر للرياح الموسمية الحاملة للأتربة والرمال في البلاد الجافة والحارة ، من ذلك رياح الخماسين التي تهب على مصر على فترات خلال شهري إبريل ومayo ، ورياح الهبوب في السودان والتي تكثر في أشهر الربيع ولوفا لل الصيف ، والرياح المعروفة بالطوز في دول الخليج العربي والتي تكثر في أشهر الصيف وكثيراً ما تتسبب في تحريك كثبان الرمال والتي قد تزحف على الواحات وتردم في طريقها بعض الأراضي الزراعية وتضرر بالمساكن وقد تزدحم آبار المياه .

في المدن الصناعية تحمل المدخن عوادم المصانع إلى الهواء الجوي (شكل 47) ، ويُمثل على ذلك نجد أنه لإنتاج مليون طن من الصلب steel سنوياً ، فإن المصنع المنتج يبت يومياً بالجو عوادم تحتوى على 350 طن غبار وحوالى 200 طن ثانى أكسيد الكبريت وحوالى 400 طن أول أكسيد كربون. وفي المدن المزدهمة بالسيارات والشاحنات (شكل 48) ، حيث تضعف حركة المرور ، يكون إحتراق وقود المركبات غير كامل ويكثر بث مواد كاربونية وهيدروكربونية في الجو في صورة غبار وأدخنة.

عموماً فإن الغبار والأبخنة العالقة بالجو تتكون من حبيبات التربة الدقيقة وجسيمات كربون غير محترقة ومركبات أخرى مختلفة كغبار الأسمنت والأسبستس والفوسفات ، كما يحتوى على بعض العناصر الثقيلة كالرصاص والكاديوم والنيكل والكروم ، وتعتبر إطارات السيارات مصدر كبير من مصادر الغبار فى الطرقات وذلك لتطاير جسيمات منها مع إحتكاكها بأرضية الطرق . كما يشتمل الغبار على مواد حية كحبوب لقاح أزهار (شكل2) وجراثيم فطريات . تظل الجسيمات المكونة للغبار والدخان عالقة فى الجو لأزمنة تختلف وفقاً لأحجامها وكثافة ملاتها وإرتفاعها فى الجو، وتهبط تدريجياً بفعل الجاذبية الأرضية لو بتساقط الأمطار أو الثلوج .

زيادة معدلات الأتربة والدخان فى الجو تتسبب فى إنخفاض شدة الضوء وبالتالي تقلل من مسافة الرؤية ، وهذا يؤدى إلى زيادة حوادث الطرق . كما أن زيادة الدخان بالجو مع إرتفاع رطوبة الجو يتسبب فى ظهور الضباب الدخانى المعروف بالضبخن smog ، حيث تتكون سحابة سوداء فى مستوى سطح الأرض .



شكل 47 : تحمل المداخن عوادم المصانع إلى الهواء الجوى

يضر الغبار والدخان بصحة الإنسان ، ويتوقف تضرر الحادث على كثافتهما ، وعلى محتواهما الكيميائي والطبيعي . فكتافة الغبار والدخان وتكوين الضبخن ينتج عنه صعوبة الرؤية ، وهذا يؤدي إلى إرتفاع في حوادث الطرق ، كما ينتج عن ذلك إرتفاع معدلات قذارة المباني والتمثيل والملابس ، إضافة إلى عمليات التآكل بفعل بعض الكيماويات المحمولة على جسيمات الغبار والدخان ، والنحر بفعل الرياح المحدثة لذلك أو الناتجة عنها .

تنتج أمراض عديدة عن إستنشاق الهواء المحمل بالغبار والدخان تبدأ من حدوث تهيج في العيون وبالتهابات في الأنف والحنك وأمراض تنفسية قد تكون غير ميكروبية أو ميكروبية ، متوقفة على ما تحمله جسيمات الغبار ، كما قد تتسبب في إضعاف لمناعة الجسم ضد العدوى بالميكروبات . وجود حبوب اللقاح عالقا بالجو (شكل 2) والتي يكثر وجودها في موسم التزهير خلال الربيع عادة يتسبب عنها أمراض الحساسية ومنها الربو asthma



شكل 48 : ضعف حركة المرور وإزدحام الطرقات بالسيارات والشاحنات ينتج عنه عوادم وقود غير تام الإحتراق

وحمى القش hay fever . ووجود غبار الأسمنت يتسبب فى إصابة العاملين بتلك المصانع والأهالى المقيمين قريباً منها بتلكس الرئة . ووجود غبار الأسبستس فى الجو كثيراً ما يكون سبباً فى حدوث إصابات بالسرطان للمعرضين له بكثرة . وإحتواء الهواء الجوى على معادن ثقيلة ومواد هيدروكربونية وغيرها من المركبات . ينتج عنه أضرار تختلف حسب المحتوى الكيماوى لمكونات الغبار والدخان .

وقد ثبت أن للتعرض المستمر للغبار المنزلى والذي قد يحتوى على مخلفات بعض الحشرات المنزلية وجراثيم فطريات ودخان إشعال سجائر ونواجح حرق وقود وشعور حيوانات الأليفة من قطط وكلاب وغير الأليفة كالفرنان (شكل40) يساعد على ظهور أعراض مرض الربو الشعبى وما يصاحبه من ضيق تنفس وسعال ، خاصة بين الأطفال .

للغبار والدخان تأثير ضار على المزروعات ، ذلك أن ترسيب جسيماتها على سطوح أوراق النباتات يقلل من وصول الضوء إلى أنسجة الأوراق وبالتالي يقلل من كفاءة الأوراق فى القيام بعملية التمثيل الضوئى ، فيضعف نمو النباتات ويبيت لونها ويقل محصولها ، إضافة إلى ما تعانيه من أضرار كيميائية تنتج عن الملوثات الأخرى المصاحبة لجسيمات الغبار والدخان . كذلك فإن شدة الرياح المحملة بالأتربة تحدث جروحاً بأنسجة النبات الخارجية مما يعرضها لسهولة الإصابة ببعض الأمراض النباتية التى تحدث إصاباتهما من خلال الجروح . ومن المعروف أن المزروعات النامية قريباً من الطرق السريعة تكون ملوثة بغبار وعوادم السيارات بما تحمله من مواد ضارة بصحة الإنسان .

ومن أكبر التلوثات الداخلية والتى يحدثها الإنسان ، ما تم قبيل نهاية حرب تحرير الكويت فى فبراير عام 1991 من إشعال متعمد لحوالى 700 بئر بترولى ، إستغرق إخماد نيرانها ما يقرب من تسعة أشهر ، وقد صاحب ذلك تسخين شديد للجو

وتكون سحب كثيفة من دخان أسود ، إحتوت على جسيمات كربون ومواد هيدروكربونية غير تامة الإحتراق . حبيت سحب الدخان الكثيفة حوالي 70 % من أشعة الشمس ونتج عنها حدوث إعصار مدمر تحرك شرقا إلى باكستان وإيران وبنجلادش .

للإقلال مما يحمله الهواء الجوى من جسيمات غبار ودخان والوقاية منها يمكن إتباع ما يأتى :

1 - الإهتمام بالتشجير فى دحل المدن وإقامة مصدات نباتية للرياح حولها ، خاصة إذا كانت المدن فى مناطق جافة ترابية أو رملية ، وذلك للحد من سرعة الرياح وترسيب بعض ما يحمله الهواء من جسيمات ، مما سيؤدى إلى إقلال معدل الجسيمات المحمولة بالهواء . يراعى فى الأشجار التى تقام كمصدات للرياح حول المدن والقرى أن تكون ذات برتقاعات كبيرة مثل أشجار الكازورينا والسرو والأثل والكافور ، على أن تقام فى عدة صفوف تتبادل فيها الأشجار ، وقد تقام مثل هذه المصدات حول المزارع الكبيرة وقد نجحت زراعة هذه المصدات فى منع زحف الرمال على اللواتح ، كما نفذ ذلك بنجاح فى ولحة الإحساء بشرق السعودية . وفى داخل المدن تختار الأشجار التى تتسم بالجمال مثل أشجار البوانسيانا والجكراندا والنيم وأنواع الفيكس والكاسيا والنخيل . ومن أشجار الشوارع الجميلة وللتى تساعد على تنقية الجو شجرة شعر العذراء *Ginkgo biloba* وللتى تزرع بكثرة فى مدن اليابان والصين وإنتشرت حاليا زراعتها فى شوارع المدن الأوربية . إستخدم الأطباء الصينيون مستخلص أوراق هذا النبات فى علاج مشاكل صدرية وحالات سلس البول والبراز . وقد إهتم الغرب حاليا بهذا النبات من الناحية الطبية فوجد أن أوراقه غنية بالفلافونيدات *flavonoids* المعروفة كمضادات للأكسدة، وأنها تحسن الدورة الدموية من خلال إقلالها للزوجة الدم ، كذلك فقد أفادت مستخلصات النبات فى علاج الخبل الذى ينتج عن الإصابة بمرض الزهايمر *alzheimer* وحاليا ظهرت بالأسواق أقرص مستخلصات لهذا النبات.

- 2 - بالنسبة للأبخنة الناتجة عن المصانع ، فيجب مراعاة إقامة تلك المصانع بعيدا عن المناطق السكنية مع مراعاة إتجاه الرياح بالنسبة للمناطق السكنية القريبة بحيث لا تكون للرياح السائدة والقاومة من المصانع متجهة ناحية المناطق السكنية. كما يراعى فى تصميم تلك المصانع إقامة مرشحات تعمل على فصل الغبار والدخان والغازات الضارة قبل إنطلاق العوادم عبر المدخن ووسائل الصرف الأخرى .
- 3 - بالنسبة للعاملين بمصانع تنتج غبار وأبخنة ، كما فى صناعات الأسمنت والأسبستس وأعمال الهنم فينصح بلبس قناع مرشح للأتربة يغطى الأنف والفم .

الكربون ومركباته

الكربون (C) عنصر رباعى التكافؤ ، واسع الانتشار فى الطبيعة ، فهو يكون 0.032 % من قشرة الأرض ، كما يوجد حرا فى ترسيبات واسعة فى صورة فحم . يوجد الكربون نقيًا فى الطبيعة فى صورة جرافيت graphite وفى صورة الماس diamonds ، كما يوجد بالجو فى صورة غازات ثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون والميثان. الوزن الذرى للكربون 12 ورقمه الذرى 6 ، أما كثافة الكربون فتختلف من 2.25 فى حالة الجرافيت إلى 3.51 فى حالة الماس .

الكربون عنصر أساسى فى تركيب كافة المركبات العضوية ، وفى بعض المركبات غير العضوية ، وتغزو أعدادا مركباته كافة للمركبات الأخرى المتكونة من العناصر الأخرى ، فالكربون يدخل فى تركيب الآلاف من المركبات العضوية المعروفة ، وهو مكون أساسى فى تركيب كافة أنواع الوقود الحفرى وغير الحفرى ذات الأصل النباتى أو الحيوانى.

لا يذوب الكربون فى الماء ولا فى الأحماض والقواعد المخففة والمذيبات العضوية . يتفاعل الكربون مع العوامل المؤكسدة الساخنة مثل حمض النتريك و نترات البوتاسيوم وينتج عن ذلك حمض مللتيك mellitic acid ، كما يكون مع الأكسجين ثلاثة أكاسيد هى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون وتحت لكسيد الكربون carbon suboxide (C_3O_2) ، والأخير نادر الوجود فى الطبيعة .

يكون الكربون مع الأيدروجين غازات الميثان (CH_4) والإيثان (C_2H_6) والبروبان (C_3H_8) والبوتان (C_4H_{10}) والعديد من المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية ، أى ذات السلسلة المفتوحة والحلقية ومنها البنزين (C_6H_6) .

أول أكسيد الكربون

أول أكسيد الكربون (CO)، غاز عديم اللون والطعم والرائحة شديد السمية، وينتج عند الاحتراق غير التام للوقود الحفري النافذ أو الوقود غير الحفري المتجدد. يحضر الغاز معملياً بتفاعل حمض الفورميك (HCOOH) مع حمض الكبريتيك (H₂SO₄).



كما يحضر بالتحليل الحرارى لكربونيل النيكل (Ni(CO)₄) على حرارة 200 °م.



ترجع سمية غاز أول أكسيد الكربون إلى قابليته الشديدة للتفاعل مع هيموجلوبين الدم مكوناً كربوكسى هيموجلوبين carboxyhaemoglobin عند وصوله إلى الشعيرات الدموية للرئة خلال عملية الشهيق، ويؤدى ذلك إلى قلة كفاءة هيموجلوبين الدم على نقل الأكسجين، مؤدياً إلى نقص فى كفاءة الرئة التنفسية، خاصة أن مركب كربوكسى هيموجلوبين يصعب عليه التخلص من حمولته من أول أكسيد الكربون.

الحد الأقصى لغاز أول أكسيد الكربون المسموح بالتعرض له فى الجو هو 35 جزء فى المليون ولمدة ساعة واحدة يومياً، وكلما زادت نسبة وجوده فى الدم أو زادت مدة التعرض له زادت الخطورة منه وخاصة بالنسبة لمن يعانون من أمراض الصدر أو القلب.

وبوجه عام فإن إتحاد أول أكسيد الكربون مع يروتينات الدم يؤثر بالضرر على وظائف الدم والقلب والمخ وتكشف الأجنة ، كما تسبب في حدوث تأثيرات عصبية ومنها ضعف القدرة على التركيز .

إذا وصل تركيز غاز أول أكسيد الكربون بالجو إلى 80 جزء في المليون وتعرض له شخص لمدة ثمان ساعات فإن كفاءة الدم لنقل الأكسجين تقل بنسبة 15% . وإذا زاد التركيز بالجو إلى 500 جزء في المليون وتعرض له شخص لمدة ساعة واحدة أدى ذلك إلى تحول حوالي 20% من هيموجلوبين الدم إلى كربوكسى هيموجلوبين مسببا حدوث صداع خفيف ، لكن إبطاء مدة التعرض يؤدي إلى ارتفاع آخر في نسبة الكربوكسى هيموجلوبين ، فإذا وصلت نسبته إلى 50% قلت الكفاءة التنفسية كثيرا وظهرت أعراض ذلك في صورة زيادة في سرعة التنفس مع صداع وغثيان وسوء تقدير للأمور مع قلة الإحساس بالأطراف والترنح في المشى ، وقد يؤدي ذلك إلى حدوث إغماء مصحوبا بتلون للشفاة بلون أزرق أو أحمر . يرتفع نسبة الغاز إلى 1000 جزء في المليون يمثل خطورة كبيرة . وإذا وصلت نسبة الغاز بالجو إلى 1350 جزء في المليون فإن ذلك يتسبب في الوفاة خلال نصف ساعة.

للتعرض المستمر لغاز أول أكسيد الكربون يؤدي إلى حدوث تسمم مزمن بهذا الغاز حيث يتحول حوالي 5% من هيموجلوبين الدم بصفة مستمرة إلى كربوكسى هيموجلوبين ، وتظهر أعراض التسمم المزمن في صورة ضعف عام وصداع ودوار وغثيان ، ويظهر ذلك عادة على المدخنين .

يعتبر عادم السيارات أهم مصادر تلوث الجو بغاز أول أكسيد الكربون في المدن وخاصة عندما يكون إحتراق البترول غير كامل ، ويحدث ذلك عند بدء التشغيل صباحا أو عند بطء حركة المرور في حالات الإزدحام للمرورى (شكل 48) . ومما سبق تتضح الخطورة التى تنتج عن إبطاء مدة تشغيل السيارة داخل جراج صغير سبب التهوية .

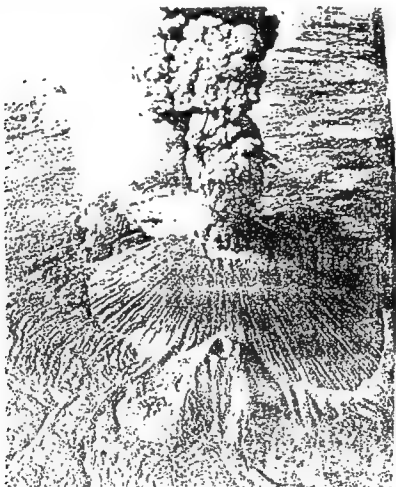
يختلف الأشخاص في مدى حساسيتهم لتلوث الجو بغاز أول أكسيد الكربون، وما ينتج عنه من عوز أكسوجيني، فأكثر الأشخاص حساسية لذلك الأجنة، يليهم الأطفال حديثي الولادة، ثم الحوامل ثم مرضى الكبد فالمصابون بالأنيميا وكبار السن ومرضى القلب والصدر .

يتحد أول أكسيد الكربون مع كثير من العناصر، فيكون مع الكلور في ضوء الشمس غاز أشد سمية منه هو غاز الفوسجين (COCl₂) . يستخدم الفوسجين في الحروب كغاز سام . كذلك فإن أول أكسيد الكربون يتفاعل مع الكبريت مكونا كبريتيد الكربونيل carbonyl sulphide .

ثاني أكسيد الكربون

ثاني أكسيد الكربون (CO₂) غاز غير سام عديم اللون والطعم والرائحة، ولا يعتبر من الملوثات، بل بالعكس من ذلك فإنه يعتبر من الغازات الضرورية اللازمة لإستمرار حياة الكائنات الحية، حيث أنه مكون أساسي للمادة العضوية عندما يتفاعل مع الماء في أنسجة النباتات وفي وجود مادة الكلوروفيل وضوء الشمس . ينتج هذا الغاز طبيعياً أثناء تنفس الكائنات الحية، ويستهلك طبيعياً في عملية التمثيل الضوئي للنباتات . المشكلة حالياً تنتج عن الإحتراق الواسع للوقود الحفري الناتج عن أحياء نباتية وحيوانية عاشت منذ بلايين السنين أى أن ما جمع من غاز ثاني أكسيد الكربون من جو الأرض خلال ملايين السنين نعيده إلى الجو ثانية خلال بضعة مئات السنين، مما يعتبر معه هذا الغاز المساهم الأكبر في إحداث التأثير الصوبى على جو الأرض، إذ أن هذا الغاز يعمل على إمتصاص الأشعة تحت الحمراء المرتدة من سطح الأرض مما تتسبب معه في إرتفاع درجة حرارة جو الأرض .

يتكون غاز ثانى أكسيد الكربون عند الإحتراق الكامل لكربون مواد الوقود أو عند تحلل المواد العضوية فى وجود أكسوجين كاف ، كما أنه ينتج عند تنفس كافة الأحياء ، حيوانية أو نباتية أو ميكروبية ، وخلال عمليتى الإحتراق أو التحلل الهوائى أو التنفس يسحب من الجو غاز أكسوجين لأكسدة المواد الكربونية . كما ينطلق غاز ثانى أكسيد الكربون طبيعياً من باطن الأرض عبر فوهات البراكين النشطة (شكل 49). تقوم النباتات نهاراً بعملية عكسية للعمليات السابقة ، حيث تسحب من الجو غاز ثانى أكسيد الكربون وتطلق فى الجو غاز أكسوجين ، ولهذا فإن جو الأرض بالنسبة لمحتواه من كل من الأكسوجين وثانى أكسيد الكربون ظل



شكل 49 : خروج الحمم من فوهة بركان مصحوبة بتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون وغازات أخرى

ثابتاً لملايين السنين ، إلا أنه في السنوات الأخيرة ، نتيجة للحرق الزائد للوقود الحفري والتقليع المكثف للغابات ، ارتفعت معدلات ثاني أكسيد الكربون في الجو ، فقد كانت نسبة هذا الغاز 0.027 % قبل التوسع في استخدام الفحم ، ثم ارتفعت إلى حوالي 0.030 % عام 1950 ثم إلى 0.035 % عام 1980 (شكل 33) . هذه الزيادة المستمرة كانت مؤثرة على ارتفاع معدلات حرارة جو الأرض ، ويتوقع الكثير أن تزداد الحرارة أكثر فأكثر محدثة الأثر الصوبى على الجو .

يخشى كثير من العلماء من النتائج الممكن حدوثها عند ارتفاع حرارة جو الأرض ، وفي مقدمتها تأثير ذلك على إبالة جزء من جبال الجليد ، وما يترتب على ذلك من ارتفاع مستوى المياه في المحيطات والبحار ، مما يتوقع معه غرق الأراضي الساحلية المنخفضة . وقد قدرت كميات ما بثه العالم في الجو من غاز ثاني أكسيد الكربون سنة 1985 بما يعادل 5.24 بليون طن كربون ، ومن المتوقع أن يتضاعف ذلك سنة 2025 ، معظمه تبثه الدول الصناعية المتقدمة والأكثر استخداماً للوقود ، فقد تبثت تلك الدول سنة 1985 ما يعادل 3.95 بليون طن ، في حين تبث الدول النامية في تلك السنة حوالي 1.29 بليون طن ، ونجد أن ما بثته دول أوروبا تلك السنة 2.15 بليون طن مقابل 0.14 بليون طن فقط بثته دول أفريقيا .

لا تقف أضرار زيادة معدلات ثاني أكسيد الكربون على حرارة الجو ، بل تساهم زيادة الغاز في تآكل الأوزون بطبقة الإستراتوسفير .

الميثان

الميثان (CH_4) هو أحد الغازات المكونة للغاز الطبيعي ، وهو يصاحب استخراج البترول من باطن الأرض ، وكان يشعل للتخلص منه (شكل 21) وينتج عن إشعال الميثان تكون غاز ثاني أكسيد الكربون في حالة وفرة الأكسوجين ، أما في حالة قلته فينتج أول أكسيد الكربون .



الميثان هو أحد منتجات تخمر المواد العضوية وأكبر مكونات البيوجاز الذى ينتج عند تحلل المواد العضوية بعيدا عن الهواء .

يساهم الميثان بحوالى 18 % من التأثير الصوبى ، كما أنه من الغازات الضارة بمنطقة الأوزون بطبقة الإستراتوسفير.

يستفاد من الميثان فى إنتاج غاز الأيدروجين ، وهو الوقود النظيف المتوقع استخدامه مستقبلا ، كما يستفاد من الأيدروجين فى تحضير غاز النشادر (NH_3) بإتحاده مع غاز النتروجين .



ويستفاد من النشادر فى تحضير أسمدة نيتروجينية مثل نترات الأمونيوم واليوريا ، كما يمكن الاستفادة من الميثان فى تحضير كحول الميثانل (CH_3OH) الذى يستخدم كمذيب عضوى وفى تحضير الفورمالدهيد (HCHO).

الكبريت ومركباته

الكبريت sulfur (S) عنصر غير معدنى صلب لونه أصفر باهت ، يوجد حرا فى الطبيعة أو ضمن مركبات تحتوى عليه ، رقمه الذرى 16 ووزنه الذرى 32 . يوجد للكبريت فى الفحم وخام البترول . يحتوى الفحم على معدلات منه تتراوح ما بين 0.2 إلى 7.0 % ولهذا فإنه يعتبر الملوث الأول للجو عند إحتراقه حيث يظهر فى صورة أكاسيد الكبريت . كما يوجد فى زيت البترول الخام بنسب متفاوتة ، ولكنها بوجه عام تقل عن مثيلاتها فى الفحم . وعموما فإن قيمة كل من الفحم أو البترول تزداد كلما قل محتواها من الكبريت .

يستخدم الكبريت طبيا فى بعض أمراض الإنسان والحيوان ، كما يستخدم فى مقاومة بعض الآفات والأمراض النباتية ، ويستخدم أيضا فى صناعة البارود .

أكاسيد الكبريت

يعرف للكبريت أكسيدان هما ثانى أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت :
1 - ثانى أكسيد الكبريت sulfur dioxide (SO_2) غاز عديم اللون نفاذ الرائحة كإله مهيج للجهاز التنفسى وسام . يتلوث الجو طبيعيا بهذا الغاز من البراكين النشطة ، وتظهر آثار ذلك بأماكن البراكين . أما معظم التلوث الحالى للجو منه فتنتج عن إحترق الوقود ، سواء الحفرى أو غير الحفرى ، ويقدر ذلك بحوالى 80 % من التلوث به . ينتج هذا الغاز أيضا عند أكسدة كبريتيد الأيدروجين الناتج أيضا من البراكين (شكل 48) أو عند تحلل المواد العضوية نباتية أو حيوانية ، بالأرض أو بالبحار والمحيطات . ومن مصادره الأخرى معالمر تكرير البترول ومصانع الورق ولب الورق وعند تنقية بعض المعادن من خاماتها ، كما يحدث عند إستخراج النحاس من كبريتيد النحاس (Cu S) .

ينتقل غاز ثاني أكسيد الكبريت لمسافات بعيدة في الجو لأنه يتحد مع الأتربة والضباب والدخان حيث تحملهما الرياح . هذا الغاز سريع التأكسد حيث يتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت .



كما أنه يتحد مع الماء مكونا حمض الكبريتوز (H_2SO_3)



يستخدم هذا الغاز في التبريد نظرا لسهولة إزالته كما يستخدم كمزيل للألوان ، وإستخدم في الحروب كغاز سام . حمض الكبريتوز يستخدم كعامل تبييض وكمطهر وكمادة حافظة . للتركيز المسموح به في الجو 3-10 جزء في المليون .
2 - ثالث أكسيد الكبريت sulfur trioxide (SO_3) غاز كاو وعامل مؤكسد قوى، يذوب في الماء مكونا حمض الكبريتيك (H_2SO_4).



يدخل أكسيد الكبريت والحامضين الناتجين عند اتحادهما بالماء ، والملوثين للهواء إلى الجهاز التنفسي أثناء عمليات الشهيق ، فيتسببان في تهيج الأغشية المخاطية المبطنة للأنف والقصبات الهوائية ، فيظهر إحتقان في الحلق وربو وزكام، كما أنها تحدث تهيجا للجلد والعينين والتهابا للبلعوم وتؤثر تأثيرا ضارا على الأسنان .

لا تقتصر الأضرار الناتجة عن أكسيد الكبريت وحمض الكبريتوز والكبريتيك على الدول المنتجة له ، بل كثيرا ما تظهر آثار وأضرار تلك المركبات على دول أخرى ، فنجد مثلا أن النرويج قد بثت في الجو سنة 1980 حوالي 137 ألف طن متري من غاز ثاني أكسيد الكبريت ، لكن وصلها عن طريق للرياح في نفس العام 300 ألف طن متري من الدول الصناعية المجاورة والمنتجة لهذا الغاز

بكميات كبيرة . وفى نفس العام بثت إيطاليا 3.8 مليون طن من الغاز ، وبثت تشيكوسلوفاكيا 3.1 مليون طن ، وبثت فرنسا 3.3 مليون طن من الغاز ، وبثت ألمانيا الغربية 3.6 مليون طن وبثت بولندا 2.75 مليون طن ، وبثت بريطانيا 4.6 مليون طن وبثت يوغوسلافيا 3.0 مليون طن ، وبث الاتحاد السوفيتى 25.5 مليون طن . فى أمريكا الشمالية تتأثر كل من كندا والولايات المتحدة الأمريكية بأكسيد الكبريت وحمض الكبريت المنتج فى البلد الآخر ، فكلاهما يبتهما فى الجو بكميات كبيرة ، قُدرت فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1980 بحوالى 23 مليون طن مترى فى صورة ثانى أكسيد الكبريت بجانب 20 مليون طن من أكاسيد الأزوت ، وفى نفس الوقت بثت كندا فى الجو 4.6 مليون طن ثانى أكسيد الكبريت بجانب 1.7 مليون طن من أكاسيد الأزوت ، لكن الرياح تهب فى معظم الأوقات من الجنوب فى الولايات المتحدة الأمريكية إلى الشمال فى كندا محملة بالغازات والأحماض الملوثة للجو ، مما ينتج عنه زيادة فى التلوث الحامضى بكندا ، وأدى ذلك إلى حموضة البحيرات هناك .

تسبب لكاسيد ولحامض الكبريت أضراراً بالنباتات حيث تحترق وتتساقط الأوراق (شكل 34) ، كذلك فإنها تتسبب فى تآكل المباني والتماثيل وخاصة المبنية بالحجر الجيرى .

يمكن التخلص من ثانى أكسيد الكبريت الناتج عن عوادم الصناعة بتمرير العوادم الغازية على حجر الجير (Ca CO_3) أو كربونات المغنسيوم (Mg CO_3) .

كبريتيد الإيدروجين

كبريتيد الإيدروجين hydrogen sulfide (H_2S) غاز عديم اللون كريه الرائحة ، تشبه رائحة البيض الفاسد ، قابل للإشتعال فى وجود الأكسجين وينتج عن إحتراقه تكون غاز ثانى أكسيد الكبريت .



يزوب كبريتيد الإيدروجين فى الماء وكحول الأيثيل .

ينطلق غاز كبريتيد الإيثروجين طبيعياً من البراكين النشطة ، كما يوجد ضمن مكونات الغاز الطبيعي ولكن بنسب ضئيلة ، ويشرب أحياناً من مصافي النفط . ينتج هذا الغاز أيضاً عند تخمر المواد العضوية المحتوية على كبريت ، وينتج أيضاً في صناعة الورق ولب الورق .

يدخل هذا الغاز إلى جسم الإنسان مع الهواء الملوث به أثناء التنفس مؤثراً على الجهاز العصبي المركزي ، ويتسبب عن وجوده في الهواء بنسبة 15 ملليجرام للمتر المكعب ولمدة ساعة فقدان الوعي .

النتروجين ومركباته

النتروجين nitrogen (N_2) عنصر غير معدنى يكون حوالى 80 % من حجم الهواء الجوى ، وهو غاز خامل عديم اللون والرائحة ، رقمه الذرى 7 ووزنه الذرى 14 . النتروجين من العناصر الضرورية لتغذية الكائنات الحية ، إذ أنه يدخل فى تركيب كافة الأحماض الأمينية والبروتينات ، يأخذه النبات فى صورة مختلفة تشمل عنصر النتروجين الجوى خلال أنواع خاصة من البكتريا تستفيد منه مباشرة ومنها يستفيد النبات من المركبات النتروجينية العضوية التى كونتها البكتريا . كذلك فإن بعض أنواع الطحالب الزرقاء تقوم بتثبيت النتروجين الجوى . هذه الطحالب وبعض البكتريا تعيش حرة فى التربة ، والبعض من البكتريا يعيش فى جذور بعض أنواع من النباتات وخاصة النباتات البقولية مثل بكتريا ريزوبيوم *Rhizobium* . معظم النباتات يمكنها الإستفادة من النتروجين عندما يكون فى صورة أملاح أمونيوم أو أملاح نترات أو فى صورة يوريا $(CO(NH_2)_2)$. بعض أنواع بكتريا التربة تؤكسد الأمونيا التى تنتج عن تحلل المواد العضوية النتروجينية إلى حمض نتروز مثل بكتريا نيتروزوموناس *Nitrosomonas* .



وحمض النتروز حمض غير ثابت يوجد فى حالة سائلة فقط ، ثم تقوم بكتريا أخرى تسمى نيتروباكتير *Nitrobacter* بأكسدة حمض النتروز إلى حمض نيتريك .



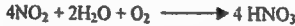
تستفيد الحيوانات من النتروجين فى صورة العضوية المعروفة بالبروتينات.

أكاسيد النتروجين

يوجد بالطبيعة عدة أكاسيد نتروجينية نذكر منها ما يأتي :

1- أكسيد النتريك nitric acid (NO) ، وهو غاز عديم اللون ، يذوب في الماء دون تفاعل ، وعند تجمده يتحول لونه إلى الأزرق ويصبح تركيب جزيئته N_2O_2 .

2- ثاني أكسيد النتروجين nitrogen dioxide (NO₂) ، وهو غاز بني اللون سام قليلا ، يكثر وجوده في الضبخن وفي عوادم السيارات ، كما ينتج عن احتراق الوقود في محطات توليد الكهرباء وعند إطلاق الصواريخ . عند ذوبان ثاني أكسيد النتروجين في الماء يتكون حمض النتريك (HNO₃)



تتسبب أكاسيد النتروجين في إتلاف الأوزون في طبقة الإستراتوسفير ، فيتفاعل أكسيد النتريك مع الأوزون متحولا إلى ثاني أكسيد النتروجين ويختزل الأوزون إلى أكسوجين .



ثم لا يلبث أن يتحلل ثاني أكسيد النتروجين ضوئيا إلى أكسيد نتريك وأكسوجين ذري.



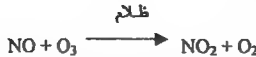
وهكذا يتكرر التفاعل وتحدث سلسلة من التفاعلات في تآكل الأوزون .

وفي طبقات الجو السفلى يتسبب الضوء في إختزال ثاني أكسيد النتروجين إلى أكسيد نتريك ، وفي نفس الوقت تأكسد بعض أكسوجين الجو إلى أوزون ضار بصحة الإنسان .

ضوء



ثم يقل الأوزون بالجو ليلا متحولا إلى أكسوجين ويتحول أكسيد النتريك ثانية إلى ثاني أكسيد النتروجين .



3- أكسيد نتروز nitrous oxide (N_2O) ، غاز عديم اللون حلو المذاق ، يستخدم في التخدير ، ويحدث حالة هستيريا خفيفة ، ولهذا سمي بالغاز المضحك laughing gas .

4- من الأكاسيد الأخرى ثالث أكسيد النتروجين (N_2O_3) ورابع أكسيد النتروجين (N_2O_4) وخامس أكسيد النتروجين (N_2O_5) .

تتسبب أكاسيد النتروجين في تدمير البلاستيدات الخضراء بالنباتات محدثة تبقعات بيضاء إلى رمادية أو سوداء في أوراق النباتات الخضراء .

كما يتسبب عن تعرض الإنسان إلى أكاسيد النتروجين بتركيزات مرتفعة ، أو بتركيزات منخفضة ولكن لمدد طويلة ظهور أمراض بالجهاز التنفسي . وقد وجد أن وصول تركيزات الأكاسيد النتروجينية إلى 15 جزء في المليون بالهواء الجوى يؤدي إلى حدوث تهيج للأغشية الأنفية والقصبات الهوائية والعيون ، وقد يتسبب ذلك في حدوث الإصابة بمرض الربو الشعبي وخاصة بين الأطفال . وإذا وصل تركيز الأكاسيد النتروجينية إلى 150 جزء في المليون يحدث إحتقان وإلتهاب رئوى قد يؤدي إلى الوفاة .

الحد الأقصى المسموح به للأكاسيد النتروجينية في الجو 10 جزء في المليون .

الأمونيا

الأمونيا (النشادر) ammonia (NH_3) ، غاز نفاذ عديم اللون ، يعتقد بأنه أحد المكونات الرئيسية للغلاف الجوى للكرة الأرضية قبل ظهور الحياة الأولى على الأرض منذ حوالي 2000 مليون سنة . ينتج هذا الغاز حاليا أثناء تحليل المواد العضوية المحتوية على نيتروجين وخاصة عند غياب الهواء . تحضر الأمونيا صناعيا ، وتستخدم في تحضير العديد من المواد العضوية وغير العضوية المحتوية على نيتروجين . تذوب الأمونيا في الماء مكونة هيدروكسيد الأمونيوم الذي يستخدم في التنظيف .



النترات والنتريتات

النتراتات nitrates هي أملاح حمض النتريك والنتريتات nitrous هي أملاح حمض النيتروز ، وهي أملاح ضارة بصحة الإنسان إذا ما وصلت إلى الجسم عن طريق مياه الشرب أو عن طريق الأغذية الملوثة بها . التسميد النيتروجيني الزائد للنباتات يتسبب في ارتفاع مستوى المركبات النيتروجينية في التربة ، وبالتالي ترتفع في المياه الأرضية ، ومن ثم في مياه الصرف الزراعي ثم في البحيرات أو الأنهار ، ويؤدي هذا إلى إبتعاش نمو الطحالب والنباتات المائية الضارة .

زيادة أملاح النترات عن الحد المسموح به في مياه الشرب أو الأغذية تضر بالصحة ذلك لأنها تختزل في الجهاز الهضمي إلى نترينات تتحد بهيموجلوبين الدم فتقلل من قدرته على حمل الأكسجين ، فيحدث عوز أكسجيني تظهر أعراضه على الرضع حيث يصابوا بمرض الأطفال الزرق كذلك فإن ارتفاع معدلات استهلاك النترات والنترينات يعرض الإنسان للإصابة بسرطان الأمعاء والمثانة حيث يحدث تفاعل بين أملاحهما والأminات الموجودة بالجسم ويتكون عن ذلك مركبات نيتروأمينية مسرطنة .

الحد الأقصى المسموح به في ماء الشرب 10.0 ملليجرام لتر من النترات و 1.0 ملليجرام/ لتر من النتريتات وذلك في صورة نتروجين .

من مركبات النتروجين الأخرى مركب النتروجلسرين nitroglycerin وهو سائل سميك لونه أصفر باهت ، وينفجر بالتعرض الفجائي لدرجات حرارة مرتفعة.

الأوزون

الأوزون ozone (O_3) غاز سام لونه أزرق باهت له رائحة نفاذة مهيبة ، يصبح لونه في صورتيه السائلة والصلبة أزرق مسود blue black ، وهو صورة نشطة غير مستقرة من غاز الأكسجين (O_2) يتكون جزئ الأوزون من ثلاثة ذرات من الأكسجين في حين أن جزئ الأكسجين يتكون من ذرتين أكسجين ، لهذا فإن الأوزون أثقل من الأكسجين الطبيعي مرة ونصف .

الأوزون مؤكسد قوى يتحد بسهولة مع معظم المواد التي تلامسه . يتكون في محطات توليد الكهرباء وحول المولدات الكهربائية ، كما يتكون بالجو عند حدوث شرارات كهربائية كما في حالة حدوث العواصف الرعدية . كذلك فإنه يتكون عند تحلل جزيئات الأكسجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية إلى ذرات تتحد مع جزيئات الأكسجين .



يوجد الأوزون في الطبقات السفلى من جو الأرض بنسبة تتراوح ما بين 0.02 إلى 0.03 جزء في المليون وذلك في الأجواء الريفية ، أما في المدن الصناعية حيث تكثر السيارات فتصل نسبته إلى 0.05 جزء في المليون ، وتزداد هذه النسبة عن ذلك في حالة ظهور الضبخن.

يتكون الأوزون في جو الأرض السفلى عندما ينبه ضوء الشمس حدوث تفاعلات بين غازات الجو الطبيعية وبعض ملوثاته مثل المركبات الكربونية العضوية لطيارة وأكاسيد النتروجين ، وكلاهما من مكونات عوالم السيارات ،

ولهذا تكثر معدلات الأوزون في الجو نهاراً وخاصة عند زحمة حركة مرور السيارات في أوقات الذروة .

تسبب زيادة معدلات الأوزون بالجو القريب من سطح الأرض في حدوث إحتقان بالعيون وإلتهابات في الأغشية المخاطية وصعوبة في التنفس والإصابة بالسعال والإلتهاب الرئوى والربو وحدوث ضعف المناعة . كذلك فإن الأوزون في الجو المحيط بالنباتات يضر بها حيث يتسبب في حدوث تبقعات بالأوراق .

الحد الأقصى المسموح بالتعرض له خلال اليوم هو 0.1 جزء في المليون ويحد أقصى 0.3 جزء في المليون لمدة قصيرة .

في طبقات الجو العليا على إرتفاع 15 إلى 40 كيلومتر فوق سطح البحر يوجد الأوزون بتركيزات تفوق تركيزاتها قرب سطح الأرض حيث تصل إلى أكثر من ألف مرة تركيزاتها قرب سطح الأرض . تتزايد تراكيزات الأوزون في طبقة الإستراتوسفير على إرتفاع حوالى 28 إلى 30 كيلومتراً ، ورغم هذا التركيز العالى إلا أنه لو ضغط الأوزون الموجود في الغلاف الجوى لشغل حيزاً لا يزيد عن ثلاثة ملايين مترات في المك . هذه الكمية الضئيلة من الأوزون والموجودة على هذا الإرتفاع ، ذات فائدة عظيمة على الحياة على سطح الأرض ، حيث تمنع وصول كثير من الأشعة فوق البنفسجية ذات التأثير السيئ على الحياة الإنسانية والحيوانية والنباتية . إمتصاص الأوزون للأشعة فوق البنفسجية تعمل على رفع حرارة الجو في طبقة الإستراتوسفير مقارنة بطبقتى التروبوسفير أسفلها والميزوسفير أعلاها (شكل 1) .

يختلف تركيز الأوزون في طبقة الإستراتوسفير ، حيث تقل معدلاته تحت الظروف الطبيعية عند خط الإستواء فيزداد مرور الأشعة فوق البنفسجية بها ، ولهذا

يكثر بين السكان في المنطقة الإستوائية الإصابات بسرطان الجلد ، لكن تحت ظروف إنتشار الملوثات حالياً نجد أن كثافة الأوزون قد قلت كثيراً عند القطبين الجنوبي والشمالي خلال للربيع في كل منهما حيث يتكون ما يعرف بنقبة الأوزون .

يعتبر غاز الأوزون عامل تبيض قوى ، يتفوق في ذلك على كل من فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide (H_2O_2) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) . كما أنه مطهر قوى أقوى 5000 ضعف غاز الكلور ، حيث يستخدم في تطهير مياه الشرب ومياه الصرف الصحي ضد الفيروسات والبكتريات . يتفوق الأوزون على الكلور من حيث قوة مفعوله التطهيري وكذلك في أنه لا يترك مذاق ولا رائحة كالتي يتركها الكلور ، ولا ينتج عنه مركبات مسرطنة كالتي يكونها الكلور في حالة وجود مواد عضوية مثل مركبات تريهالوميثان trihalomethane .

يستخدم غاز الأوزون في تطهير الماء بنسبة 0.2 إلى 0.4 ملليجرام /لتر على أن يبقى في الماء لمدة 4 دقائق على الأقل .

الهالوجينات ومركباتها

الهالوجينات halogens هي خمسة عناصر غير معدنية ، أربعة منها عناصر سامة هي الكلور والفلور والبروم واليود ، والعنصر الخامس عنصر مشع هو الأستاتين .

الكلور

الكلور chlorine (Cl) ، غاز لونه أصفر مخضر ، سام مهيج ، رقمه الذري 17 ووزنة الذري 35.5 . يتحد الكلور بسهولة مع معظم العناصر ، ومن أهم أملاحه كلوريد الصوديوم المعروف بملح الطعام (NaCl) . أخطر مركباته هي للمركبات العضوية وتشمل مركبات الكلوروفلوروكربون المعروفة بالفلريونات ، ومنها بعض المبيدات الحشرية المعروفة بالهيدروكربونات الكلورة مثل مركبات DDT والليندين ، ومنها ما يدخل في تركيب بعض اللدائن ، ومنها مركب ديوكسان الشديد السمية . ومن مركباته الضارة بطبقة الأوزون بخلاف المركبات الفريونية مركب رابع كلوريد الكربون (C Cl₄) وهو مركب سام غير قابل للاشتعال يستخدم في إطفاء الحرائق ، ومنها للكلوروفورم chloroform (CH Cl₃) الذي يستخدم كمخدر .

يستخدم الكلور في تبييض الملابس حيث تدخل مركباته في كثير من المنظفات الصناعية لغسيل الملابس . كما يستخدم الكلور في تطهير مياه الشرب ومياه الصرف الصحي لتقليل ما بهما من ميكروبات ، ويعيب الكلور في تطهير المياه أنه قد يتفاعل مع المركبات العضوية التي قد تبقى في المياه مكونا مركبات هيدروكربونية مكلورة ذات تأثيرات مسرطنة .

الحد الأقصى المسموح به للكlor في الهواء الجوى 0.1 ملليجرام / متر مكعب .
زيادة نسبة الغاز فى الهواء عن الحد المسموح به تتسبب فى موت الخلايا الحية
وتحدث أضرارا بالنظام العصبى للشخص المعرض للغاز .

الفلور

الفلور fluorine (F) غاز ذو لون أصفر باهت ، كاو شديد السمية ، يتفاعل
بسهولة مع كثير من المواد ، ورقمه الذرى 9 ووزنه الذرى 19 . يدخل الفلور فى
صناعة معاجين الأسنان حيث أنه يلعب دورا هاما فى الوقاية ضد تسوس الأسنان
وذلك فى حدود 0.5-1.0 ملليجرام / لتر . زيادة تركيز الفلور إلى 1.5 ملليجرام /
لتر قد تتسبب فى حدوث تبقعات صفراء إلى بنية بالأسنان ، وإذا زاد التركيز عن
ذلك فقد يؤدي إلى حدوث تفتت بالأسنان وإلى حدوث التهابات فى الكلى والكبد
والمعدة والأمعاء . يضر الفلور أيضا بالنباتات ، فقد لوحظ فى فرنسا حالة موت
لأشجار صنوبر فى دائرة نصف قطرها كيلومتران حول مصنع بيت غاز الفلور .
كذلك فقد وجد أن الفلور يحدث تسما للنحل .

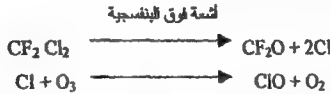
يوجد الفلور طبيعيا فى قواعد الجبال المرتفعة وفى الأراضي المحتوية على
ترسيبات بحرية ومنها الحزام الجيولوجى الممتد من سوريا إلى الأردن ومصر
وليبيا ، ومن الجزائر إلى المغرب ، ومن السودان إلى كينيا ، ومن تركيا إلى العراق
ثم إيران وأفغانستان فالهند . تعتبر مصانع الألمنيوم من أهم المصادر للتلوث
بالفلور . الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 0.8 ملليجرام / لتر.

من المركبات المحتوية على الكلور والفلور معا مركبات الكلوروفلوروكربون
والتي إتضحت خطورتها الشديدة على منطقة الأوزون .

الكوروفلوروكربون

مركبات الكوروفلوروكربون chlorofluorocarbons والتي يرمز لها إجمالاً بالرمز CFCs ، هي مواد عضوية غير قابلة للاشتعال تتكون من عناصر الكلور والفلور والكربون وتعرف بالفلورونات . بدء في إنتاج هذه المركبات عام 1930 ، وأكثر أنواعها إنتاجاً النوع CFC-11 وتركيبه CFCl_3 والنوع CFC-12 وتركيبه CF_2Cl_2 . تتميز تلك المركبات بالثبات ، وتقدر أعمارها بزمان يصل إلى أكثر من مائة عام . مركبات الكوروفلوروكربون تتصاعد في الغلاف الجوى مختربة طبقة التروبوسفير وتصل إلى داخل طبقة الإستراتوسفير ، ويستغرق تصاعدها من سطح الأرض حتى تصل إلى منطقة الأوزون بالستراتوسفير حوالي خمسة عشر عاماً ، ومن منطقتي الأوزون تسحبها الدوامة القطبية المتكونة في كلا قطبي الكرة الأرضية (شكل 36) ، فيتجمع جزء كبير من مركبات الكوروفلوروكربون في القطبين حيث تتفاعل مع غاز الأوزون مسببة إختزال هذا الغاز إلى أكسجين عادى . يزداد حدوث هذا التفاعل في الربيع لكل قطب من القطبين .

تتصف مركبات الكوروفلوروكربون بالثبات في طبقات الجو المنخفضة ، إلا أنها في طبقة الإستراتوسفير تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية فتتحرر منها ذرات نشطة من الكلور الذى يعمل على إختزال الأوزون إلى أكسجين وفي نفس الوقت يتأكسد الكلور ويصبح أول أكسيد الكلور (ClO)



ثم لا يلبث أكسيد الكلور أن يختزل بفعل الأكسجين الذرى متحولاً إلى كلور وأكسجين .



وهكذا يعيد الكلور التفاعل ويواصل إنتاجه لذرات أوزون أخرى وقد وجد أن جزء واحد من مركب كلورفلوروكربون يمكنه تدمير حوالي مائة ألف جزء من الأوزون .

معظم مركبات الكلوروفلوروكربون غازية في درجات حرارة الجو العادي وتسال بسهولة تحت ضغط ، لهذا فإن بعضها يستخدم في أجهزة التبريد ، كما تستخدم كمواد ضاغطة ودافعة للعبوات الرذاذية . ومن هذه المركبات المستخدمة بكثرة ما يلي :

- 11-CFC وتستخدم أساسا في تبريد الهواء الجوي في المساحات الواسعة كالمصانع والمكاتب ، كما تستخدم كمادة دافعة في الإيروسولات المستخدمة في مواد التجميل والعطور ومعطرات الجو ومزيلات العرق والمبيدات .
- 12-CFC وتستخدم أساسا في تبريد التلاجات وتكييف السيارات كما تستخدم أيضا في العبوات الرذاذية .
- 22-CFC وتستخدم أساسا في أجهزة التكييف المنزلية وغيرها من الأماكن المغلقة المحدودة.
- 113-CFC وتستخدم أساسا في تنظيف الدوائر الإلكترونية المطبوعة والوصلات الخاصة بها ، كما تستخدم في تصنيع الإسفنج الصناعي الذي يدخل في صناعة الأثاث وفي صناعة الألياف الصناعية ، كما يدخل في صناعة مواد الإطفاء .

يحتوى جو الأرض حاليا من مركبات الكلوروفلوروكربون على كميات كبيرة سوف يستمر أثرها حتى بعد التوقف التام عن إنتاجها لمدة تصل إلى حوالي مائة عام، نظرا للثبات الكبير لهذه المركبات حيث تقدر أعمارها ما بين 50 إلى 110 عام.

إتضح أن الأضرار الكبيرة لمركبات الكلوروفلوروكربون على جو الأرض حيث يعزى معظم الضرر الحادث للأوزون في طبقة الأستراتوسفير إلى الإستخدام الواسع لمركبات الكلوروفلوروكربون وغيرها من المركبات المعلقة لغاز الكلور ، كما يعزى لمركبات الكلوروفلوروكربون حوالي 14 % من التأثير الصوبي على جو الأرض . ولا ننسى أن ثقب الأوزون على نفاذ الأشعة فوق البنفسجية إلى جو الأرض وأثر ذلك على أحياء الأرض ، كما لا ننسى أن ارتفاع حرارة الأرض على إذابة جليد القطبين وارتفاع مستوى مياه البحار والمحيطات وتأثير ذلك على إغراق الأراضي الساحلية المنخفضة . لهذا فقد تقرر في إتفاقية فينا سنة 1985 ثم في بروتوكول مونتريال سنة 1987 تجميد إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون عند مستوى إنتاجها عام 1986 ، ثم إتباع ذلك بخفض تدريجي ليصل إنتاجها إلى 50% سنة 1995 ، على أن يتم التخلص منها نهائيا ويحرم إنتاجها وإستخدامها بحلول عام 2000 .

المعادن الثقيلة

المعادن الثقيلة هي عناصر معدنية ذات لوزان نوعية تزيد عن 4 ، وتشمل المعادن التالية مرتبة تنازلياً بالنسبة لأوزانها النوعية حيث أقلها الذهب ووزنه النوعي 19.3 وأخفها الزرنيخ ووزنه النوعي 5.73 وهذه المعادن هي الذهب - الزئبق - الرصاص - الفضة - الموليبدنم - النحاس - الكوبلت - النيكل - الكاديوم - الحديد - القصدير - المنجنيز - الكروم - الزنك - الزرنيخ . معظم هذه المعادن لها تأثير تراكمي سام للإنسان .

الذهب

الذهب gold (Au) معدن أصفر لين مقاوم للتآكل ويعتبر أكثر المعادن ثقلية للتشكل والطرق ، ويوجد في الطبيعة في عروق ممتدة أو ترسيبات مائية ، وعادة تضاف إليه معادن أخرى ويستخدم في صناعة المجوهرات الذهبية . رقم الذهب الذري 79 ووزنه الذري 197 ووزنه النوعي 19.3 .

الزئبق

الزئبق mercury (Hg) معدن أبيض فضي ، سائل في درجة حرارة الغرفة ويتجمد عند 39- م ، رقمه الذري 80 ووزنه الذري 200 وكتافته النوعية 13.5 . للزئبق سام وليس له أية فائدة فسيولوجية للإنسان ، معظم مركباته غير قابلة للتوبان في الماء .

يوجد الزئبق في الطبيعة في صورة كبريتيد الزئبق (HgS) في شكل راسب ضحلة ، كما يوجد في بعض المياه الجوفية في صورة كلوريد الزئبق (Hg Cl₂) وأيدروكسيد الزئبق (Hg (OH)₂) القابلان للتوبان في الماء .

تظهر لبخرة الزئبق في الجو من مصادر مختلفة بعضها طبيعي وينتج عن خاماته في التربة أو في مياه المحيطات ، وبعضها من مصادر صناعية حيث يدخل الزئبق في تلك الصناعات ، يستخدم الزئبق في صناعة الترمومترات والبارومترات والثرمومستاتات وفي مصابيح الإضاءة للفلوروسنت ، فعند كسر أى من تلك الأجهزة أو تلفها يتساقط ما بها من زئبق ويتطاير بعضه . ويدخل الزئبق وبعض مركباته في صناعات أخرى تشمل بعض الأجهزة الكهربائية والبطاريات والدهانات وصناعة الورق ولب الورق ، ويدخل أيضا في بعض تركيبات حشو الأسنان وفي صناعة بعض المبيدات ضد بعض الأمراض النباتية. يظهر الزئبق في الجو أيضا ، عند حدوث حرائق في الغابات وعند حرق للقمامة .

تساعد الأمطار الحامضية وارتفاع حموضة مياه البحيرات على إذابة مركبات الزئبق وعلى تكوين ميثيل الزئبق methyl mercury ($(CH_3)Hg$) والذي يعتبر من أخطر السموم . تحدث معظم حالات تكوين ميثيل الزئبق في الماء بفعل أنواع من البكتريا ، ويؤدي ذلك إلى ارتفاع معدلات الزئبق في أجسام الأحياء المائية خلال سلسلة الغذاء ، حيث يرتفع الزئبق في الطحالب عن معدله في الماء ، ثم يرتفع في الحيوانات البحرية التي تتغذى على الطحالب ، ثم يزداد ارتفاع الزئبق في الحيوانات البحرية التي تتغذى على حيوانات بحرية عشبية التغذية ، وهكذا . وقد وصل الزئبق خلال تصاعد سلسلة الغذاء إلى طيور البنجوين وإلى الدب القطبية رغم بعد بيئتها عن مصادر التلوث الزئبقي وقد وصلت معدلات الزئبق في أجسام بعض الأسماك إلى ما يقرب من مليون ضعف معدلة في الماء المحيط . يخزن الزئبق في أجسام الأسماك والقشريات والرخويات في صورة مركب عضوي هو ثنائي ميثيل الزئبق .

الطعام والشراب هما الوسيطان الأساسيتان الموصلتان للزئبق إلى أجسامنا ، ومن القناة الهضمية ينتقل الزئبق إلى الدم ثم يتركز أساساً في الكلى. التغذية على الأسماك الشديدة التلوث بالزئبق يؤدي إلى حدوث تسمم زئبقي لأكله والذي تعرف أعراضه بمرض ميناماتا ، وهو المرض الذي ظهر في خليج ميناماتا باليابان عام 1956 نتيجة لتغذية الأهالي على أسماك نامية في هذا الخليج والذي سبق وأن تسرب إلى مياهه مركب زئبقي من المصانع المطلّة عليه ، فظهر على المصابين تدمير بالأطراف والشلل واللسان مع حدوث أضرار بالمرکز العصبيّة والإبصار وصعوبة في التحكم الحركي ، تبعه حدوث شلل تشنجي . تسبب هذا المرض في موت 40 % من الحالات المصابة . أما في حالات التسمم الخفيف فيظهر على المتغذى صداع ودوار وشعور بالإرهاق . حدث بعد ذلك تلوث زئبقي من مصانع مقامة على نهر الرون بسويسرا سنة 1970 ، والذي تصب مياهه في بحيرة ليمان Leman ، فارتفعت معدلات الزئبق في أسماك البحيرة وتضاعفت خطورتها .

يتسبب التسمم بأبخرة الزئبق في حدوث صداع ولرق وإرهاق وإلتهاب في اللثة وإلتهاب في الأعصاب الطرفية. كذلك فإن الزئبق يؤثر تأثيراً ضاراً على بعض مناطق المخ والأعضاء الداخلية والكلى .

الحد الأقصى المسموح به للزئبق في مياه الشرب 0.001 ملليجرام/لتر وفي الهواء 0.1 ملليجرام / متر مكعب .

الخصائص

الخصائص lead (Pb) معدن لين مرّن لونه أبيض مزرّق قابل للتشكيل والطرق ، موصل رديء للحرارة ومقاوم للتآكل ، رقمه الذري 82 ووزنه الذري 207 ووزنه النوعي 11.35 .

تحتوى خامات الرصاص عادة على عناصر الكبريت والزنك والنحاس ، ومن أهمها وجودها فى الطبيعة خام جالينا galena الذى يتركب من كبريتيد الرصاص (Pb S) ، والذى يستخدم فى طلاء المرايات ، كما يستخدم كصبغة زرقاء . يوجد الرصاص فى صور أخرى مختلفة منها أكاسيد الرصاص وتشمل أول أكسيد الرصاص (PbO) ، وهو أكثرها إستخداما فى صناعات الرصاص غير العضوية ، كما يستخدم فى تصنيع لوح البطاريات وفى صناعة السيراميك والزجاج . ومن الأكاسيد الأخرى أكسيد الرصاص الأحمر (Pb₃ O₄) ، وهى صبغة حمراء لامعة وتستخدم فى دهانات المنازل وأسطح المعادن لمنع تأكلها وفى التشحيم وفى صناعة الزجاج والكريستال . من أملاح الرصاص ، كبريتات الرصاص (Pb SO₄) التى تدخل فى صناعة الصبغات الزرقاء والبيضاء ، وسليكات الرصاص (Pb Si O₃) وتستخدم فى الدهانات وفى صناعة الزجاج والسيراميك والمطاط ، وكرومات الرصاص (Pb Cr O₄) الذى يستخدم فى الأحبار والصبغات والصناعات الجلدية ، وكربونات الرصاص القاعدى (2Pb . C O₃ . Pb(OH)₂) ويعرف بالرصاص الأبيض ويستخدم فى الدهانات وفى صناعة بعض أنواع اللدائن .

يعتبر الرصاص أول المعادن التى صهرها الإنسان ، فالمواسير الرصاصية التى صنعها الرومان لازالت تستخدم حتى وقتنا الحالى ، يرجع إستخدام أكسيد الرصاص فى صقل الفخار إلى العصر البرونزى منذ حوالى 5500 سنة .

مما سبق يتضح لنا الأستخدام الواسع للرصاص ومركباته والتى تنتج عنها تلوثات كبيرة للبيئة . وحاليا فإن المصدر الأول لتلوث مياه الشرب بالرصاص يرجع إلى تآكل الوصلات الرصاصية بشبكة المياه ، لهذا فينصح عند فتح صنبور المياه عدم إستخدام الماء المتدفق أولا للشرب أو لتحضير الطعام حيث أن ما يتدفق أولا من مياه الصنبور يحتوى على تركيز مرتفع من الرصاص .

ومن مصادر التلوث بالرصاص ، تلك الناتجة عن عمليات التعدين والحفر فى المناجم وعمليات صهر الرصاص وتصنيعه لعمل مواسير المياه والصرف الصحى والوصلات المختلفة ، وفى عمليات اللحام وخاصة عند حفظ الأغذية فى صفتاح أو بالتعليب . كذلك فإن الرصاص يدخل فى صناعة كثير من الأدوات الصحية وفى كثير من أصباغ الشعر ومساحيق التجميل وأحبار الطباعة والإقلام الرصاص وبعض المبيدات ، وأخطرها دهانات لعب الأطفال . وقد كانت معظم دهانات المنازل حتى عام 1960 تحتوى على عنصر الرصاص ، وبعد أن عرفت خطورته على صحة الإنسان بدأ من ذلك الوقت إستبدالها بصبغات أخرى ، وقد منعت بعض الدول إستخدام الرصاص فى دهانات المنازل .

كثير من الأجهزة المنزلية يدخل الرصاص فى تركيبها ، حيث يدخل فى تصنيع كثير من الأجهزة الإلكترونية من تليفزيونات ورايوهات ومسجلات ولجهزة فيديو ، حيث يكثر وجودها فى لوحات الدوائر وفى لزجاج الرصاصى لشاشات التليفزيون . وجميع هذه الأشياء عندما تستهلك فإنها تلقى فى مقابل القمامة وتكون مصدر تلوث بالرصاص .

من ملوثات الجو الرئيسية فى المدن رابع ميثيل الرصاص ورابع إيثايل الرصاص اللذان يضافان إلى وقود السيارات منذ حوالى 70 سنة لتحسين كفاءة الوقود فى إداره المحركات .

ويمثل الرصاص للناتج مع عادم السيارات ، وغالبا ما يكون فى صورة بروميد الرصاص أكبر ملوث لجو المدن ذات الكثافة العالية فى السيارات ، ويكون الرصاص الناتج من العادم معلقا ضبابيا يبقى عالقا فى الجو لمدد طويلة . وقد إتجهت كثير من الدول ومن بينها مصر إلى إستبدال الرصاص فى البنزين بمواد

أخرى منها بعض الكحولات ، وهى أقل ضررا على البيئة وفى نفس الوقت تحسن أداء البنزين برفعها للرقم الأكتينى للبنزين .

يدخل الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسى مع التنفس والجهاز الهضمى مع الطعام والشراب ، ومن أى الجهازين يصل إلى الدم ، وعادة ما يذهب بعد ذلك إلى المخ ويترسب فى العظام والأسنان . الرصاص سام لكثير من أعضاء الجسم ، حيث يتسبب عن ارتفاع معدلاته بالجسم فى حدوث أنيميا ونقص فى هيموجلوبين الدم ، وقد يحدث تلفا شديدا للكلى والكبد والمخ والجهاز العصبى المركزى والجهاز العصبى المحيطى . يصحب التسمم بالرصاص حدوث تقلصات فى البطن مصحوبة بالألم شديدة ، وقد يحدث غمص كلوى وصعوبة فى التخلص من حمض البوليك والإصابة بالنقرس . وقد يحدث للكلى إلتهاب مزمن قد ينتج عنه فشل كلوى يزداد وضوحا عند الإصابة بالنقرس . وبالنسبة للكبد فإن الرصاص قد يتسبب فى حدوث إلتهاب كبدى قد يتطور إلى تليف كبدى ودوالى فى المرىء ثم إرتفاع فى حموضة المعدة والأنتى عشر ، وقد تنتهى بغيوبية كبدية . وبالنسبة للجهاز العصبى فيظهر شعور بالإرهاق والخمول وتوتر زائد وإلتهاب فى الأعصاب . وبالنسبة للرننتين فإن الرصاص يحدث تهيجا فى أغشية الشعب الهوائية، فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية ، وأحيانا يحدث تليف بالنسبة للقلب .

ونظرا لدخول الرصاص فى أحبار طباعة الصحف فإنه ينصح بعدم إستخدام ورق الصحف فى تغليف المواد الغذائية أو فى إمتصاص الزيت للزائد بعد قلى الخضراوات كما فى حالتى البطاطس والباننجان ، كما ينصح بغسل الأيدى جيدا بعد قراءة الصحف .

يختلف الأشخاص فى مدى تأثرهم بالتلوث بالرصاص ، فأكثرهم تأثر به هم صغار الأطفال والحوامل لقابليتهم المرتفعة لإمتصاص عنصر الرصاص ، فيظهر على صغار الأطفال نقص فى معدلات الذكاء (IQ) ، مع صعوبة فى التركيز قد تصل بهم إلى حالة تخلف عقلى ، ويرجع ذلك إلى ترسيب الرصاص بالمخ وما يحدثه من إعاقة لنمو خلايا المخ وباقى الجهاز العصبى ، كذلك فإن النمو العام للطفل يتأثر بذلك . وقد وجد أن ارتفاع معدلات الرصاص عند الحوامل أدت إلى نقص أوزان أجنتهن ، وقد ينتج عن ذلك التلوث ولادة أطفال متخلفين عقليا أو مشوهين .

يرى البعض أن من أسباب إتهيار الدولة الرومانية تلوث البيئة بالرصاص ، فقد كانت أواني الطبخ والأكل تصنع عادة من الرصاص أو تطلّى بالرصاص .

لكل ما سبق تتضح خطورة التلوث بالرصاص وأهمية تنقية الماء والهواء والغذاء من مصادر التلوث به ، ويمكن ذلك باستبدال شبكات المياه الرصاصية وكذلك الوصلات الرصاصية ببدائل آمنة ، وعدم إستخدام الرصاص فى لحام صفائح ومعلبات الطعام وإستبدال الدهانات الرصاصية بأخرى مأمونة ومنع إضافة الرصاص لوقود السيارات .

الحد الأقصى المسموح به من الرصاص فى مياه الشرب 0.05 ملليجرام/لتر.

الفضة

الفضة silver (Ag) معدن قابل للطرق والتشكيل ، يوجد فى الطبيعة منفردا وفى مركبات ، موصل جيد للحرارة والكهرباء . تستخدم الفضة فى صناعة المجوهرات وفى صناعة العملات المعدنية وفى التصوير كما تدخل فى حشو

الأسنان . قد تتجمع بالجلد محدثة التهاب . رقمها الذرى 47 ووزنها الذرى 108 ووزنها النوعى 10.5 .

الموليبيدينم

الموليبيدينم molybdenum (Mo) عنصر معدنى صلب رمادى اللون ، يضاف إلى سبائك الصلب لتقويتها ، وتسمد به النباتات كأحد العناصر النادرة ، وتصنع منه بعض الصبغات . رقم الموليبيدينم الذرى 42 ووزنه الذرى 96 ووزنه النوعى 10.2.

النحاس

النحاس copper (Cu) معدن نولون بنى محمر ، قابل للطرق والتشكيل ، موصل جيد للحرارة والكهرباء يستخدم فى صناعة الأسلاك الكهربائية .

ينتج معظم التلوث النحاسى عند إستخدام المبيدات الفطرية المحتوية على النحاس فى مقاومة الأمراض النباتية وأكثرها إستخداما فى ذلك أكاسيد النحاس وأكسيكلوريد النحاس . يستخدم كبريتات النحاس فى مقاومة القواقع التى تعول يبدان البلهارسيا .

يتحد النحاس مع هيموجلوبين الدم فى كرات الدم الحمراء مؤثرا بذلك على عمليات تبادل الأكسجين مع ثانى لكسيد الكربون ومؤثرا بذلك على القدرة للتنفسية.

الرقم الذرى للنحاس 29 والوزن الذرى 63.5 والوزن النوعى 8.96 . الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 1.0 ملليجرام/لتر.

الكوبالت

الكوبالت cobalt (Co) معدن صلب فضي اللون سهل الكسر والتفتت . يوجد مع خامات النيكل والفضة والرصاص والحديد والتحاس . ويدخل فى صناعة السبائك المغناطيسية والتي تتحمل درجات حرارة مرتفعة ، كما يدخل فى صناعة ألوان السيراميك والزجاج الأزرق .
رقم الكوبالت الذرى 27 ووزنه الذرى 59 ووزنه النوعى 8.9 .

النيكل

النيكل nikel (Ni) معدن صلب فضي اللون قابل للطرق ، يستخدم فى عمل سبائك ومنها البرونز وفى صناعة البطاريات والعلات المعدنية وفى طلاء بعض المعادن لتحسين مقاومتها للتآكل ، ويوجد ضمن مكونات السجائر فى صورة كربونيل النيكل . يتسبب عن زيادة التعرض له إلتهابات جلدية وضيق تنفس .
رقم النيكل الذرى 28 ووزنه الذرى 59 ووزنه النوعى 8.9 .

الكادميوم

الكادميوم cadmium (Cd) معدن نادر الوجود ، لونه أبيض فضي ، لين وموصل جيد للحرارة والكهرباء . يتأكسد بسهولة فى الجو الرطب مكونا أكسيد الكادميوم (Cd O) يوجد الكادميوم فى الطبيعة ضمن خام جرينوكيت greenockite فى صورة كبريتيد الكادميوم (Cd S) . الرقم الذرى للكادميوم 48 والوزن الذرى 112 والوزن النوعى 8.65 .

يدخل الكادميوم فى صناعة بعض الصبغات . ويميز صبغات الكادميوم كونها صبغات ثابتة لا تتؤب فى المذيبات العضوية وذات مقاومة عالية للقلويات . يدخل كبريتيد الكادميوم فى صناعة صبغات صفراء اللون ، كما تدخل مركبات كادميوم أخرى فى عمل صبغات برتقالية وحمراء . وتعتبر الصناعات البلاستيكية من أكثر

الصناعات إستخدما لصبغات الكاديوم . تدخل صبغات الكاديوم فى دهانات السيارات وفى صناعة دهانات للأدوات الحديدية ، وفى دهانات شاشيات الراديو والتلفزيون . وأحيانا يدخل الكاديوم فى صناعة أحبار الطباعة وفى صبغ المنسوجات وفى تلوين الزجاج والسيراميك .

يدخل الكاديوم فى مركبات كلوريد الكاديوم ($Cd Cl_2$) وكبريتات الكاديوم ($Cd SO_4$) وأيدروكسيد الكاديوم ($Cd (OH)_2$) ، مع النيكل فى صناعة بطاريات يمكن إعادة شحنها rechargeable والتي تُستخدم فى حاسبات الجيب الإلكترونية وفى الكاميرات وماكينات الحلاقة الكهربائية والخلاطات ونظم الإنذار وبادئات الحركة للمحركات ، وصناعة السبائك ومواد اللحام .

يتلوث الجو بالكاديوم الناتج عن احتكاك إطارات السيارات بالأسفلت أثناء سيرها . كما قد تتلوث مياه الأنهار من التربة المحيطة بها والمحتوية على معدلات كاديوم مرتفعة . وتزداد معدلات الكاديوم بالمحاصيل الزراعية والمروية بمياه آبار مرتفعة الكاديوم أو ملوثة بمخلفات صرف صناعى به تركيزات مرتفعة منه ، كما تزداد فى لحوم حيوانات تأكل من مزارع أو مراعى بها معدلات مرتفعة من الكاديوم ، حيث يزداد تركيز الكاديوم بأكباد وكلى تلك الحيوانات .

يعتبر الكاديوم من المعادن الثقيلة الضارة بالصحة ، يمتص الكاديوم بسهولة عن طريق الجهازين التنفسي والهضمي ، ويصل إلى الدم ويتراكم فى الكلى والكبد وتزداد معدلاته بهما عاما بعد آخر ، كما أن التخلص من هذا العنصر بطيئة .

يتسبب عن إستنشاق لبخنة الكاديوم حدوث تهيج للأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي ، وحدث التهاب فى القصبة الهوائية يؤدى إلى السعال ، وتورم بالرننتين مع صعوبة فى التنفس . يؤثر الكاديوم أيضا على العيون مسببا تهيجا .

قد يتسبب عن تراكم الكاديوم بالكلى تكوين حصوات ، وقد يؤدي ذلك إلى تسرب السكر والأحماض الأمينية فى البول ، وقد ينتهى بحالة فشل كلوى . كذلك فإن الكاديوم يعتبر ضارا بالدم والبروستاتا وقد يكون سببا فى الإصابة بسرطان البروستاتا. يؤثر التلوث بالكاديوم على تمثيل الكالسيوم بالجسم مما قد ينتج عنه لين عظام .

لارتفاع تركيز الكاديوم بمياه الأنهار والمحيطات يؤدي إلى حدوث زيادة كبيرة فى تركيزه بأجسام الأسماك والمحار وغيرها من الأحياء المائية ، ومن هذه الأحياء يصل الكاديوم إلى الإنسان الذى يتغذى عليها .

الحد الأقصى المسموح به للكاديوم فى الهواء الجوى 0.1 ملليجرام / متر مكعب ، وفى مياه الشرب 0.005 ملليجرام / لتر ، والكمية التى يتحملها الشخص من مصادره المختلفة 0.4 إلى 0.5 ملليجرام أسبوعيا .

الحديد

الحديد iron (Fe) عنصر معدنى صلب لونه أبيض فضى قابل للطرق والتشكيل ، مغناطيسى أو يمكن مغنطسته ، يدخل فى تصنيع بعض السبائك . الرقم الذرى للحديد 26 ووزنه الذرى 56 ووزنه النوعى 7.87 . تعتبر صناعة الحديد والصلب، على المستوى العالمى مسئولة عن حوالى 25 % من القبار المتصاعد فى الصناعة ، وذلك بجانب مسئولية هذه الصناعة عن حوالى 17 % من مجمل غاز ثانى أكسيد الكبريت المنبعث ، كما أن الغازات التى تنبثها صناعة الحديد والصلب تحتوى على كميات ملموسة من غاز أول أكسيد الكربون السام الذى ينتج عن الاحتراق غير الكامل للوقود المستخدم .

الحد الأقصى المسموح به للحديد فى مياه الشرب 0.3 ملليجرام / لتر .

القصدير

القصدير (Sn) معدن صلب فضي اللون قابل للتشكل ، يستخدم لتبطين معادن أخرى لمنع تأكلها . يدخل القصدير في تركيب بعض السبائك . ومنها البرونز . يزداد تركيز القصدير في الأغذية المعلبة .
الرقم الذرى للقصدير 50 ووزنه الذرى 119 ووزنه النوعى 7.31 .

المنجنيز

المنجنيز manganese (Mn) عنصر معدنى صلب ، لونه أبيض رمادى أو فضى ، يضاف المنجنيز إلى الصلب لزيادة قوته ومقاومته للتآكل .
رقم المنجنيز الذرى 25 ووزنه الذرى 55 ووزنه النوعى 7.21 إلى 7.44 . الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 0.1 ملليجرام / لتر.

الكروم

الكروم chromium (Cr) عنصر معدنى صلب مقاوم للتآكل ، يستخدم لتقوية سبائك الصلب ولإنتاج صلب غير قابل للصدأ stainless steel . يستخدم الكروم فى طلاء المعادن وفى الصباغة ودباغة الجلود وفى صناعة السيراميك وفى صناعة سبائك النحاس والصلب .

رقم الكروم الذرى 24 ووزنه الذرى 52 ووزنه النوعى 7.18 .
تسبب أبخرة الكروم حساسية للجلد وأغشية الأنف وحدوث رشح ، كما تضرر الأبخرة بالجهاز التنفسى وتسبب فى نقص الكفاءة التنفسية .
الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 0.05 ملليجرام / لتر .

الزنك

الزنك (Zn) عنصر معدنى لونه أبيض مزرق ، قابل للتشكيل عند تسخينه ، يدخل فى تركيب بعض السبائك مثل البرونز ، كما يدخل فى جلفنة الحديد وفى صناعة الفيوزات الكهربائية ، كما يدخل فى تركيب بعض الألوية وبعض المبيدات الفطرية .

رقم الزنك الذرى 30 ووزنه الذرى 65 ووزنه للنوعى 7.13 .
الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 5.0 ملليجرام / لتر .

الزرنيخ

الزرنيخ (As) arsenic معدن صلب ، يختلف لونه من الأصفر إلى الرمادى والأسود ، وأكثرها وجوداً فى الطبيعة للنوع الرمادى . هذا المعدن شديد السمية .
رقم للزرنيخ الذرى 33 ووزنه للذرى 75 ووزنه للنوعى 5.73 .

الخام الرئيسى أرسينوبيريت arsenopyrite الذى يتركب من كبريتيد لحديد والزرنيخ (Fe As S) ، كما يوجد الزرنيخ مختلطاً مع خامات الرصاص والحديد والزنك والكوبلت . يوجد الزرنيخ ذائباً فى بعض المياه الجوفية بمعدلات عالية كما فى بعض المناطق باليابان والفلبين وأمريكا ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع نسبته فى أراضي تلك المناطق وقد يوجد بتركيزات مرتفعة فى الأحياء البحرية للقاطنة بالمياه الملوثة به. وكثيراً ما يوجد الزرنيخ فى الجو بتركيزات قد تقل عن 0.01 ملليجرام/ متر مكعب فى الأجواء الريفية وقد تزيد عن 1.0 ملليجرام/ متر مكعب فى أجواء المدن والمناطق الصناعية .

يدخل الزرنيخ فى بعض الصناعات ، كصناعات حفظ الجلود والغراء وبعض الدهانات ، كما يدخل فى تركيب بعض المبيدات الحشرية ومنها زرنيخات الرصاص $(Pb_2(AsO_4))$ وقد يستخدم هذا المبيد فى رش زراعات اللخنان

وكان سببا فى إرتفاع معدلات وجودة بالتبغ . ويدخل الزرنيخ فى تركيب بعض المستحضرات الطبية .

إذا تعرض الإنسان للزرنيخ سواء عن طريق الجهاز التنفسى أو الهضمى أو الجلد فإنه يمتص فى الأنسجة ويصل إلى الدم ، ومن الدم ينتقل إلى أجزاء الجسم المختلفة ويتجمع غالبا فى الكبد والكلى والطحال والجلد والشعر ، وقد يصل إلى البنكرياس والغدة الدرقية والقلب . يحدث الزرنيخ تهيجا للأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسى والتجويف الفمى والعيون . يتسبب الزرنيخ فى حدوث اضطرابات فى الجهاز العصبى . يظهر الأثر العام للتسمم بالزرنيخ فى حدوث ضعف عضلى عام وصداغ وغثيان وقىء وفقد للشهية وأنييميا ، كما قد يتسبب فى إرتفاع ضغط الدم وحدوث التهابات جلدية . يعتبر الزرنيخ من العناصر المحفزة للإصابة بسرطانات الجلد والكبد والرئة ، وخاصة للعاملين فى الصناعات المرتبطة به .

يتراكم الزرنيخ فى الأظافر والشعر والجلد ، ويتخلص الجسم من بعض ما به من زرنيخ عن طريق البول وقص الشعر والأظافر .

الحد الأقصى المسموح به للزرنيخ 0.5 ملليجرام / متر مكعب فى الهواء الجوى و0.05 ملليجرام / لتر فى مياه الشرب .

الأسبستس

الأسبستس asbestos عبارة عن خليط من مركبات السليكون silicon (Si) ، توجد في الطبيعة ضمن معادن مختلفة ، وأهم مكوناتها سليكات المغنسيوم (Mg Si O_3) . يعتبر السليكون ثاني أكثر عنصر وجودا في الأرض ، حيث يوجد في السيلكا silica والتي تعرف بثاني أكسيد السليكون (Si O_2) والتي تعتبر المكون الرئيسي للرمال والكوارتز ، كما يوجد السليكون في مركبات السليكات . توجد السليكات المكونة للأسبستس ضمن ستة معادن ليفية تدخل في بعض التركيبات الصخرية ، ومنها كريستوليت chrysolite وأموسيت amosite وكروسيدوليت crocidolite . عند تعدين الصخور المحتوية على الأسبستس ينفصل منها الأسبستس بشكل بلورات ، غالبا ما تكون في صورة ألياف رقيقة جدا . تدخل السليكا في تركيباتها الصخرية بمعدل 40 إلى 60 % . لا ترى ألياف الأسبستس عند وجودها في الجو بالعين المجردة . في الصناعة تخلط ألياف الأسبستس بمواد أخرى لتصلقها ببعضها حتى يمكن إستخدامها في أغراض مختلفة .

يستخدم الأسبستس كمنتج تجارى هام يجمع ما بين المتانة والمقاومة للتآكل والمقاومة للحريق ، إضافة إلى أنه عازل جيد للصوت والحرارة والكهرباء . يدخل الأسبستس في حوالي 3600 منتج تجارى ، تشمل صناعة الأقمشة المضادة للحريق والعوازل الحرارية لأتابيب ووصلات أجهزة التكييف ، وفي صناعة العوازل الحرارية للمكاوى الكهربائية ، وفي صناعة دهانات عازلة للحرارة تستخدم لدهان الحوائط والأسقف وخزانات المياه الساخنة والغلايات . وحديثا أدخل الأسبستس في صناعة منتجات بلاستيكية ، من ذلك أرضيات من الفينيل تعرف باللينوليم linoleum . وقد إستخدم الأسبستس في عمليات البناء حيث صنع منه الأسمنت الأسبستوزى asbestos cement الذى صنع منه أيضا أتابيب الصرف وأتابيب شبكات التهوية وأتابيب التوصيلات الكهربائية ، كما تصنع منه ألواح مستوية لو

موجة تستخدم فى الأسقف وفى طاولات المعامل . يدخل الأسبستس أيضا فى صناعة منتجات ورقية تشمل أوراق تغليف خطوط أنابيب البترول والغاز لحمايتهم تحت الأرض من التآكل ، كما تصنع منه أوراق مقواة ولورق حائط . يدخل الأسبستس أيضا فى صناعات المعادن والسيراميك للاستخدامات المرتفعة الحرارة ، وفى عمليات العزل الكهربائى وفى صناعة فرامل السيارات .

تستخدم أقمشة الأسبستس فى تصنيع منسوجات للاستخدام كملابس وستائر وملابس مقاومة للحريق ، وهذه الأنسجة تحتوى على معدلات مرتفعة من الأسبستس تصل إلى 85 % ، لكنها تغلف أو تشرب بمادة بلاستيكية حتى لا ينطلق منها الأسبستس فى الجو ، لكن يحدث ذلك عند تمزق تلك الأنسجة .

عند انفصال ألياف الأسبستس من معادنها أو من المواد المصنعة منها فإنها تتعلق فى الجو ، ويصبح فى الإمكان وصولها إلى الجهاز التنفسى خلال فترات الشهيق ، ويتسبب عن ذلك حدوث مشاكل صحية خطيرة نتيجة لتدخلها فى الوظائف الطبيعية للرئتين ، فهى قد تحدث تهيجا لجدر الشعب الهوائية ، كما تتسبب فى حدوث تليف وتضخم غير رجعى للرئة ينتج عنه صعوبة فى التنفس يعرف بمرض الصغرى أو الأسبستوسز asbestosis . ومن الأمراض الخطيرة التى تنتج عن استنشاق ألياف الأسبستس أمراض سرطان الرئة وسرطان الغشاء المحيط بفرغ البطن . لا تحدث تلك الأمراض بعد التعرض المباشر لألياف الأسبستس بل قد تحتاج إلى عشرين عاما أو أكثر حتى تظهر أعراض واضحة لتلك الأمراض . وعموما فكلما زادت فترات التعرض وزادت كميات الألياف المستنشقة كلما زادت فرص الإصابة ، ولهذا فإن معدلات الإصابة بهذه الأمراض تكثر بين العاملين فى تعدين الصخور المحتوية على الأسبستس وكذلك على العاملين فى الصناعة القائمة عليها .

لم تثبت وجود أضرار واضحة ناتجة على تلوث مياه الشرب بالأياف الأسبستس، ولكن يعتقد بأن وجود كميات كبيرة منها في مياه الشرب قد تكون سبباً في حدوث سرطان القناة الهضمية .

يستخدم الأسبستس بتوسع في الصناعة حتى سنة 1960 حين إتضحت الأخطار الناتجة عن إستنشاقه ، فمنعت كثير من الدول المتقدمة إنتاجه وإستخدامه ، إلا أن بعض الدول لازالت تقوم بإنتاجه وتصديره للدول النامية ، ولا زالت بعض الدول المتقدمة تنتجه وتستخدمه .
الحد الأقصى المسموح به للأسبستس في الهواء الجوى 5 ميكروجرام/سم³

تحدث حالات شبيهة بمرض الإسبستوز بين صناع مناجم الفحم نتيجة للتعرض لأتربة الفحم ويسمى المرض الناتج بمرض الرئة السوداء black lung disease ، ويحدث مرض آخر مشابه بين عمال تعدين بعض الصخور المحتوية على السليكا ويسمى بمرض سل الانحناتين silicosis ، ومرض ثالث يظهر بين العاملين في حلج القطن وغزله وصناعة النسيج من الألياف القطن ويسمى بمرض الرئة البنية brown lung disease .

اللدائن

عرفت صناعة اللدائن أو ما يعرف بالبلاستيكات plastics منذ حوالى ستين عاما ، وإنشرت صناعاتها إنتشارا سريعا . دخلت اللدائن فى العديد من الصناعات والتي تشمل معظم نواحي النشاط الإنسانى ، فصنعت منها ألياف لعمل النسيج الصناعى والأقمشة والملبوسات حتى أصبحت منافسة لمثيلاتها الطبيعية المصنعة من الأقطان والحرائر والأصواف ، كما دخلت فى صناعة أدوات الأكل والشراب منافسة فى ذلك الصينى والزجاج ، ودخلت فى أدوات التعبئة والتغليف منافسة فى ذلك الأوراق والكراتين ، وإستخدت فى عمل المقاعد والطاولات والموبيليات منافسة فى ذلك الأخشاب والمعادن ، وإضافة إلى ما سبق فقد إستخدمت اللدائن فى صناعة البويات والبراشوتات والعوازل الحرارية والكهربائية وغير ذلك من الصناعات .

اللدائن هى مواد عضوية شديدة الثبات وعالية المقاومة لعوامل البيئة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية ، معظمها من أصل بترولى . تنتج اللدائن عن بلمرة مادة عضوية أولية يطلق عليها مونومر monomer ، وينتج عن البلمرة سلسلة طويلة من مجموعات كبيرة كربونية ، أى مكونة من عديد من المونومرات ، قد تتصل ذرات الكربون بها بعناصر أخرى منها الأيدروجين أو الأكسجين أو النتروجين أو الكلور أو غيرها ، ويسمى ناتج عملية البلمرة بوليمرات صناعية synthetic polymers .

تقسم اللدائن إلى مجموعتين ، هما اللدائن المرنة حراريا واللدائن غير المرنة حراريا :

1 - اللدائن المرنة حراريا thermoplastics ويميزها أنها تسيح بالتعرض لدرجات حرارية مرتفعة وتعود لطبيعتها الصلبة ثانية بالتبريد ، ولهذا فإن هذه اللدائن يمكن إعاد تشكيلها ثانية بعد إسالتها .

تشمل اللدائن المرنة حراريا النايلون nylon ، الذى يستخدم فى صناعة الخيوط الصناعية والمنسوجات والحبال وشباك الصيد والباراشوتات ، ومنها الأكريليك acrylic الذى ينتج عن أكسدة خليط من الميثان والتشادر ويشبه فى خواصه الصوف ، لهذا فيصنع من الأكريليك بلوفرات وبطاطين وسجاد ، كما يدخل فى تصنيع المطاط الصناعى والزجاج المقاوم للكسر . ومن اللدائن المرنة البولى إيثيلين polyethylene الذى يحضر من بلمرة الأيثيلين (C_2H_4) ، ويصنع منه أقمشة رقيقة كالتي تستخدم فى صناعة القمصان والبلوزات ، كما يصنع منه أكياس وعلب وزجاجات بلاستيكية ولعب أطفال ، كما تدخل فى صناعة مواسير لرى والصرف الزراعى ، وكذلك فى تغليف الكابلات الكهربائية . ومن المركبات البلاستيكية المرنة مركبات كلوريد الفينيل vinyl chloride والتي تشمل كلوريد عديد الفينيل polyvinyl chloride والمعروف بإختصاراً بمركب PVC ، والذى يستخدم بتوسع فى صناعة للمواسير المستخدمة فى الصرف الصحى ، ومنها أيضاً عديد الكلوريد ثنائى الفينيل polychlorinated bivenyl والذى يدخل فى صناعة العوازل الكهربائية والجلود الصناعية والمطاط الصناعى ومواد التجميل والبويات . ويعتبر كلوريد الفينيل الأحادى هو المادة الأولى فى صناعة مركبات عديد الفينيل ، وقد استخدم كمادة دافعة للردا فى معالجات المبيدات والعطور ورشاشات الشعر وغيرها.

2 - اللدائن غير المرنة حرارياً thermosettings ، وهى مركبات لا تسيع بتعرضها لحرارة مرتفعة ، بل تتقحم بالحرارة ولا تعود لطبيعتها بالتبريد ولهذا فإنها لا يمكن إعادة تشكيلها . من هذه اللدائن الملامينات melamines التى يصنع منها أطعم الطعام والمقاعد والطاولات وغيرها من أنواع الموبيليات ، وقد أمكن صناعة خشب حبيبي من الملامين مع نشارة للخشب . ومن أنواع اللدائن غير المرنة الأخرى التفلون teflon ، الذى يمتاز بمقاومته العالية للحرارة والكيماويات ، لهذا فإنه يستخدم فى تبطين ألوانى الطهى كما تصنع منه بعض أجزاء السيارات ،

ويمتاز بأن المركبات التي تصنع منه لا تحتاج إلى تشحيم . ومن المركبات البلاستيكية غير المرنة فورمالدهيد الفينول phenol formaldehyde الذي يستخدم في تصنيع بعض الأخشاب الصناعية والأدوات الكهربائية . ومنها أيضا فورمالدهيد اليوريا urea formaldehyde ، الذي يستخدم في تصنيع البلاستيك المقوى ، كما يصنع منه مواد مسامية عازلة للحرارة . فورمالدهيد اليوريا محظور إستخدامه في أطقم الطعام وأواني حفظ الغذاء ، ذلك أنه يتحلل بتعرضه للحرارة ، كما يحدث عند وضع طعام ساخن في أواني مصنعة منه أو عند تعريض هذه الأواني لأشعة الشمس ، أو عند إحكاكها بمواد صلبة كأكسلاك التنظيف أو عند الطرق عليها ، عندئذ تختلط نواتج تحللها بالطعام أو الشراب . فورمالدهيد اليوريا مادة بلاستيكية مسرطنة ، ورغم ذلك فإن البعض يصنع منها أطقم طعام رخيصة ويسوقها على أنها مصنعة من الملامين مستغلا صعوبة تمييزها عن الملامين إلا عن طريق معامل تحليل خاصة .

وقد ثبتت خطورة إستخدام الأكياس البلاستيكية في نقل وحفظ الغذاء وخاصة الأغذية الدهنية والأطعمة الساخنة ، إذ قد يحدث تفاعلات بين العبوات البلاستيكية والطعام . كما ثبتت أيضا خطورة حفظ الدم في أكياس بلاستيكية إذ قد تتسرب بعض المكونات البلاستيكية إلى الدم ، من ذلك مركبات الفثالات phthalates وقد ثبت أيضا إمكان تسرب تلك المركبات من دم الأم إلى دم جنينها فتلوته قبل أن يولد .

اللدائن مركبات شديدة الثبات في الطبيعة ، قد يستغرق تحللها أكثر من خمسين عاما ، وتشكل بذلك مشكلة قمامة نظراً للتوسع الكبير في إستخدامها كذلك فإن حرق تلك المواد البلاستيكية قد ينتج عنها غازات شديدة السمية لخطرها في ذلك مادة ديوكسان dioxane ($C_4H_8O_2$) وقد ثبتت الآثار الضارة للكثير من اللدائن على صحة الإنسان والحيوان ، فبعضها مثل كلوريد الفينيل تتجمع في دهون أجسام الكائنات الحية ، وبهذا يظهر الضرر التراكمي نتيجة لتكرار التعرض لها . وقد

عرف ذلك عام 1969 عندما مات حوالى عشرة آلاف طائر بالبحر الأيرلندى نتيجة تغذيتها على أسماك كانت نامية فى مياه ملوثة بمركبات عديدة للكلوريد ثنائى النيتيل . يظهر التسمم الشديد بهذا المركب عند وصوله إلى الجهاز الهضمى عند التغذية على أغذية ملوثة به ، فيحدث ضيق فى التنفس مع غثيان وإم فى البطن وإستسقاء فى الأيدى والوجه ، كما قد يتسبب فى حدوث سرطان بالكبد والرئة . وتظهر أضرار



شكل 50 : ماعز يرضى فى قمامة متناثرة

هذا المركب على الإنسان عند تعرضه لجو ملوث بإخترته متسببة في حدوث جفاف بالجلد مع رغبة في حكة بشدة . لكل هذه الأضرار فإن كثير من الدول حرمت استخدام مركبات كلوريد الفينيل في تصنيع عبوات الشراب والغذاء والدواء ، ويفضل عليه في هذه الإستخدامات لدائن البولي إيثيلين . كذلك فقد ثبت أن مركبات كلوريد الفينيل تسبب للأغنام التي تأكله وخاصة الماعز والتي قد تأكله مع ما تأكله من قمامة أضرار صحية تظهر غالباً على الكلى . وقد تنتقل هذه المركبات للإنسان عند تغذيته على لحوم هذه الأغنام (شكل 50).

الغازات السامة

عرفت الحروب الكيميائية منذ أزمنة بعيدة ، فقد عرفها الإغريق ولستخدموها في حروبهم منذ ما يزيد عن ألفي عام ، فصنعوا خليطاً قابلاً للإشتعال مكوناً من الكبريت والفحم والقطران وينتج عن إحتراقه غازات سامة منها ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون . ويطلق الخليط المشتعل بواسطة قاذفات قوية تعرف بالمنجانيق ، على أعدائهم .

أثناء الحرب العالمية الأولى 1914-1918 ، استخدمت الأطراف المتحاربة الغازات السامة بتوسع . بدأ الفرنسيون ذلك عام 1914 باستخدام غازات مسيلة للدموع لإيقاف الزحف الألماني . رد عليهم الألمان باستخدام غاز الكلور السام سنة 1915 ، ثم أتبعوه بغاز آخر أشد سمية هو الفوسجين (COCl_2) والذي يتركب من كلوريد الكربونيل carbonyl chloride . في العام التالي 1916 استخدم الروس غازاً ساماً آخر هو كلوريد الكبريل $(\text{S O}_2 \text{Cl}_2)$ sulfuryl chloride . وفي عام 1917 إكتشف الألمان غاز الخردل mustard gas ولستخدموه ضد قوات الحلفاء . وهكذا تنافس طرفي النزاع في البحث عن غازات مدمرة للإنسان والحياة ، يستخدمها كل طرف ضد عدوه فيقتل المحارب وغير المحارب ... الرجال والنساء ... الكبار والأطفال ... وتحدث باستمرار غازات سامة جديدة ، ورغم المنع الدولي من استخدام الغازات السامة في الحروب وإعتبارها من أسلحة الدمار الشامل ، إلا أن بعض الدول لازالت تنتجها وتخزنها ، وقد تمتعلها سراً .

يمكن تصنيف الغازات السامة وفقاً لنوعية التأثير الفسيولوجي لها على الإنسان إلى ما يلي :

- 1- غازات مسيلة للدموع ، وهي غازات غير قاتلة مهيجة للعيون ، ومصرح باستخدامها لفض المظاهرات ومنها غاز كلوروسيتوفين .

- 2- غازات الدم ، وهى تؤثر على خلايا الدم فتوقف نشاط أنزيمات الأكسدة بها متسببة فى حدوث فقر دم ومنها غاز سيانيد الكلور .
- 3- غازات كاوية وهى تؤثر على الجلد والعيون والأنف والقصية الهوائية والأوعية الدموية محدثة نقصا فى كرات الدم البيضاء ، ومضرة بالجهازين الهضمى والتنفسى .
- 4- غازات خانقة ، وهى تؤثر على الجهاز التنفسى متسببة فى تلف الشعب الهوائية والحجرة والأغشية المبطنه للقصبة الهوائية ، وينتج عن ذلك ضيق فى التنفس قد يؤدى إلى الوفاة . من هذه الغازات غاز الفوسجين . يستخدم الفوسجين فى صناعة بعض أنواع اللدائن والزجاج والصبغات .



شكل 51 : قناعات واقية لتقى الوجه أخطار كثيرة من الغازات السامة

5- غازات الأعصاب ، وهى غازات تهاجم الجهاز العصبى ، ويتسبب عنها صعوبة فى التنفس وتقلص وتشنج فى العضلات وغثيان وصداع وكحة وإفراز لعاب بكثرة ومغص وإسهال وتبول وتبرز لا إرادى وإغماء وغيبوبة ، ومن هذه الغازات استيل كولين acetylcholine و سارين .

استخدمت الأقنعة الواقية لثناء الحروب الكيماوية ، والتي تحتوى على مرشحات تحتوى أساسا على الفحم ويذروكسيد الكالسيوم ويذروكسيد الصوديوم لحجز الغازات السامة ، ولكن ثبت عدم جدوى إستخدام تلك المرشحات فى بعض الحالات كما فى حالة غاز الخردل (شكل 51) .

ملوثات أخرى

تضم هذه الملوثات مجموعة غير متجانسة من الكيماويات الواسعة الانتشار فهي تضم بعض المعادن غير الثقيلة تشمل الصوديوم والبوتاسيوم والألمنيوم والكالسيوم والبريليوم ، وعنصر غير معدني هو السيليوم ، ومركبات السيانيد .

الصوديوم

الصوديوم sodium (Na) عنصر معدني لين خفيف الوزن قابل للتشكل ، لونه أبيض فضي ، يتفاعل بشدة مع الماء ، رقمه الذري 11 ووزنه الذري 23 ووزنه النوعي 0.97 . للصوديوم معدن واسع الانتشار في القشرة الأرضية ، وهو أكثر العناصر المعدنية وجودا في مياه البحار والمحيطات حيث يوجد بنسبة 1.06 % معظمها في صورة كلوريد الصوديوم (Na Cl) المعروف باسم ملح الطعام ، والذي يستخدم في إعداد الطعام ، كما يستخدم كمادة حافظة عند التخليل .

الصوديوم من العناصر الضرورية للجسم ، ذلك أنه يعطي للدم قلويته ، كما أنه يحافظ على الضغط الأسموزي للخلايا ، وتظهر أهميته في الجو الحار الجاف عندما يفقد من خلايا الجسم مع العرق مؤديا إلى ظهور أعراض ضربة الشمس . ومع أهمية الصوديوم للإنسان . إلا أن زيادته ضارة بالجسم حيث يتسبب عن زيادته ارتفاع ضغط الدم وازدياد تمدد الأوعية الدموية .

من مركبات الصوديوم ، الصودا الكاوية أي هيدروكسيد الصوديوم (Na OH) ، التي تستخدم في صناعة الصابون وفي التنظيف والتبييض بعد تخفيفها بالماء ، وكثيرا ما ينتج عنها حوادث منزلية مؤلمة للأطفال عندما تختلط عليهم مع اللبن ، فيشربونها ، وينتج عن ذلك حدوث التهاب شديد كاو للبلعوم والقصبه الهوائية .

ومن أملاح الصوديوم الأخرى بنزوات الصوديوم والتي تستخدم في العجائن لرفعها، وفي المياه الغازية والمياه المعدنية لأحداث فوران .

الحد الأقصى المسموح به من الصوديوم في مياه الشرب 200 ملليجرام/لتر .

البوتاسيوم

البوتاسيوم potassium (K) عنصر معننى ليبيض فضى اللون خفيف الوزن ، رقمه الذرى 19 ووزنه الذرى 39 ووزنه النوعى 0.86 يستخدم البوتاسيوم أساسا فى تسميد المحاصيل الزراعية فى صورة كبريتات أو نترات البوتاسيوم.

من مركبات البوتاسيوم كربونات البوتاسيوم ($K_2 CO_3$) ، الذى يستخدم فى صناعة الزجاج والسيراميك والصبغات ، وكلورات البوتاسيوم ($K Cl O_3$) المركب السام الذى يستخدم كعامل مؤكسد ومبيض ومطهر ، كما يدخل فى صناعة المفرقات والألعاب النارية ، ومركب سيانيد البوتاسيوم (KCN) الشديد السمية والذى يستخدم فى إستخراج الذهب والفضة من خاماتهما ، كما يستخدم فى التصوير وفى التبخير ضد الحشرات . ومن أخطر مركبات البوتاسيوم أيدروكسيد البوتاسيوم والمعروف بالبوتاسا الكاوية (KOH) والتي تستخدم كالصودا الكاوية فى التنظيف بالمنازل بعد تخفيفها بالماء ، وقد يشرىها الأطفال على أنها لبن فتحدث لهم تلف شديد كاو للمرىء والقصبه الهوائية ، وتستخدم البوتاسا الكاوية أيضا فى صناعة الصابون.

الألومنيوم

الألومنيوم aluminum (Al) معدن صلب أبيض فضي قابل للطرق موصل جيد للحرارة والكهرباء ، رقمه الذرى 13 ووزنه الذرى 27 ووزنه النوعى 2.7 .

ويعتبر الألومنيوم أكثر المعادن وجوداً بالقشرة الأرضية حيث يوجد ضمن مركبات عديدة أهمها البوكسيت bauxite والذي يحتوى على 30 إلى 75 % من أكسيد الألومنيوم المائى ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$) مختلطاً معه أكسيد الحديد والسيكا كشوائب . يستخدم الألومنيوم فى عمل سبائك خفيفة ومتينة ومقاومة للتآكل .

ينتج ضمن عوالم صناعة الألومنيوم غاز الفلور الشديد السمية وكذلك مركب بنزيرين benzyrene المسرطن .
الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 0.2 ملليجرام / لتر.

الكالسيوم

الكالسيوم calcium (Ca) عنصر معدنى صلب لونه فضي ، رقمه الذرى 20 ووزنه الذرى 40 ووزنه النوعى 1.55 . يكون الكالسيوم حوالى 3 % من وزن القشرة الأرضية . يوجد الكالسيوم فى صخور الحجر الجيرى ($CaCO_3$) والجبس ($CaSO_4$) والفلوريت (CaF_2) . الكالسيوم هو المكون الأساسى للعظام والأسنان وأصداف الحيوانات البحرية ، كما يدخل فى تركيب المادة اللاصقة لجدر الخلايا النباتية والتي تعرف بالصفحة الوسطى middle lamella . الكالسيوم من العناصر الضرورية للنمو الطبيعى للجسم ، إلا أن زيادته فى الماء مع بعض الأملاح الأخرى كأملاح المغنسيوم يتسبب عنها عسر فى الماء مما يصعب معه إحداث رغاوى مع الصابون ، فإذا ما وصلت نسبة الأملاح المسببة لعسر الماء إلى 200-300 جزء فى المليون إعتبر الماء غير صالح لشرب ، حيث أن تكرار شرب الماء العسر يتسبب عنه تكوين حصوات وحدوث إضطرابات فى الجهاز البولى .
الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 200 ملليجرام / لتر .

البريليم

البريليم beryllium (Be) معدن رمادى اللون خفيف سريع الإنصهار مقاوم للتآكل ، رقمه الذرى 4 ووزنه الذرى 9 ووزنه النوعى 1.85 .

يدخل البريليم فى صناعة سفن الفضاء وكذلك فى صناعة سبائك للنحاس لعمل الموصلات الحرارية والزنبركات . يعتبر الفحم أكبر مصادره تلويناً للبيئة .

التعرض لأتربة البريليم يتسبب عنها مرض تغير للرئة pneumoconiosis وحدوث التهابات فى الأنف والبلعوم . الحد الأقصى المسموح به فى ماء للشرب 0.2 ملليجرام / لتر.

السليينيم

السليينيم selenium (Se) عنصر غير معدنى ، أحمر اللون عند وجوده فى حالة مسحوق وأسود اللون عند وجوده فى شكل زجاجى ورمادى اللون عندما يكون فى صورة بللورات ، رقمه الذرى 34 ووزنه الذرى 79 ووزنه النوعى 4.3 للنوع الأسود و 4.8 للنوع الرمادى .

السليينيم عنصر ضرورى يحتاجه الجسم بكميات ضئيلة للغاية ، وله أهمية كبيرة فى الوقاية ضد بعض الأمراض مثل أمراض السرطان . ويوجد السليينيم فى الطبيعة فى عدة خامات تحتوى مع السليينيم على عناصر أخرى منها الفضة والزنك والنحاس .

يستخدم السليينيم فى صناعة الخلايا الضوئية ، كما يضاف إلى سبائك الحديد الزهر ، والنحاس والصلب لتحسين خواصها ، كما يدخل فى صناعة الزجاج وفى عمليات تبيض الصور وطباعتها .

السليينيم كعنصر فإنه غير سام ، لكن كثير من مركباته سامة ، من ذلك غاز سليينيد الأيدروجين ($H_2 Se$) وملح سليينات الصوديوم ($Na_2 Se O_4$) وحمض السليينيك ($H_2 Se O_4$) الذى ينتج عن ذوبان أكسيد السليينيم فى الماء .

تدخل مركبات السليينيم إلى جسم الإنسان عن طريق الجهاز الهضمى وتتركز فى الكلى والكبد ، وقد تنتقل من الأم إلى الطفل الرضيع عن طريق لبن الأم . تتسبب زيادة معدلات السليينيم فى الجسم عن الحدود القصوى فى حدوث اضطرابات معدية معوية مع ظهور تلون للجلد وحدث تسوس للأسنان .

الحدود القصوى المسموح به لعنصر السليينيم 0.01 ملليجرام / لتر فى مياه الشرب و 0.2 ملليجرام / متر مكعب فى الهواء للجوى .

السليانيدات

السليانيدات cyanides (CN^-) هى أملاح حمض الهيدروسليانيك hydrocyanic acid (HCN) ، وهو حمض شديد السمية ، ومعظم أملاحه تذوب فى الماء . تدخل السليانيدات فى كثير من العمليات الصناعية والتى تشمل الصبغات وصناعة المطاط الصناعى ونعال الأحذية ، وبعض صناعات اللدائن فمنها الأكريلونتريل acrylonitrile ($H_2C:CNCN$) ، الذى يستخدم فى صناعة الألياف ومطاط الأكرليك acrylic ويعتبر الأكريلونتريل بديلاً للأسبستس . تدخل السليانيدات أيضاً فى صناعة بعض المبيدات الحشرية .

ويستخدم سيانيد الصوديوم ($Na CN$) كمذيب للذهب والفضة عند إستخلاصهما من خاماتهما ، ويمكنه أيضاً إذابة الرصاص والزنبق والنيكل والنحاس والحديد والأكومنيوم والمغنسيوم . كما تستخدم السليانيدات فى الطلاء الكهربائى للمعادن بها .

إضافة الكلور إلى الماء تساعد على تحويل السيانيدات إلى سيانات cyanates (-OCN) أقل سمية ، وقد تتحول بعد ذلك إلى ثنائي أكسيد الكربون ونيتروجين . والسيانات هي أملاح حمض السيانيك (HOCN) ، وهو حمض سام غير مستقر سريع التطاير .

معظم السيانيدات تصل للإنسان عن طريق الطعام . يمتص أيون السيانيد بسهولة محدثا تأثيرات سامة ، حيث تثبط من قدرة الخلايا على إمتصاص الأكسجين ، وقد وجد أن طهي الطعام يفسد معظم السيانيدات غير العضوية .

الحد الأقصى المسموح به للسيانيدات في مياه الشرب 0.05 ملليجرام / لتر .

الجزء السادس

التشريعات لمكافحة التلوث

التشريعات لمكافحة التلوث

(ظهر الفساد في البر والبحر بما كسبت أيدي الناس ليذيقهم بعض الذي عملوا لعلهم يرجعون) * **سبحان الله العظيم**

تشير الآية الكريمة بالتدهور في بيئة الأرض يابسها ومائها ، وأن هذا التدهور يرجع إلى أفعال الناس غير السوية ، وأن أعمال الناس المفسدة للبيئة البرية والبحرية منير تدثرها السيئ عليهم ويتجرعوا نتيجة أعمالهم ، وأنه يجب عليهم أن يقلعوا عما فعلوا من مئينات أضدت حياتهم . ١٠)

لقد أضد الإنسان بيئة الأرض جواً وبراً وبحراً بما أضافه إلى البيئة من منتجات ومخلفات ... صلبة وسائله وغازية ... عضوية وغير عضوية ... مشعة وغير مشعة ... ، زادت عن قدرة عوامل الطبيعة على التنظيف الذاتي لبيئة كوكبنا الذي نقطنه ، إضافة إلى ما صاحب النهضة الصناعية والتكنولوجية من تلوث سمعي وتلوث حراري وتلوث فضائي. لهذا كان من الضروري أن يتحرك الحكماء ويتدخل ذوي النفوذ وأصحاب السلطان ، للعمل على إيقاف أو تقليل هذا التلوث ، الممرض والقاتل لسكانى الكرة الأرضية من إنسان وحيوان ونبات وكائنات دقيقة »

فكان المؤتمر العالمى للبيئة البشرية الذى إتفق فى مستوكلهم عام 1972 ، كما وقع بلندن فى نفس العام عديد من الدول على إتفاقية لمنع تلوث البحار وفيه حظرت الدول الموقعة حظراً تاماً من إلقاء المواد الشديدة السمية والشديدة الضرر فى المياه البحرية. وفى عام 1977 حث برنامج الأمم المتحدة للبيئة على عدم تصدير المواد الضارة والمحظور إستخدامها فى بلد المنشأ إلى بلاد أخرى مستوردة لتلك المواد دون إبلاغ سلطات البلاد المستوردة بأضرارها. تبع ذلك فى عام 1979 صدور قرار من الجمعية العمومية للأمم المتحدة تدعو فيه الدول الأعضاء لتبادل المعلومات

بشأن المواد الكيميائية الخطرة والمحظور إستخدامها فى أراضيها. وفى عام 1985 صدرت إتفاقية فينا لحماية طبقة الأوزون. توالى بعد ذلك المؤتمرات ، فكان بروتوكول مونتريال بكندا سنة 1987 الذى تقرر فيه إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون عند الحد الذى وصلت إليه آنذاك ، على أن يخفض إنتاجه بنسبة 20 % ابتداء من عام 1993 ، ثم يعاد خفضه ثانية إلى 50 % عام 1998. عقب ذلك عقد مؤتمر فى لاهاي سنة 1989 حول حماية الأجواء الأرضية ، ثم عقد مؤتمر قمة الأرض فى ريو دى جانيرو بالبرازيل سنة 1992.

إنعقدت المؤتمرات المذكورة فى أنحاء مختلفة من الكرة الأرضية ... شرقاً وغرباً ... شمالاً وجنوباً ، وصدرت عنها توصيات ، هدفها العمل على إيقاف تدهور بيئة الأرض ومحاولة الوصول إلى إصلاح ما تم إفساده بها ، وقد كانت تلك المؤتمرات دافعة للشعوب والمنظمات الشعبية ، على نشر الوعى البيئى وبيان الأضرار التى تنتج عن تلوث البيئة على الصحة العامة للأجيال الحالية والأجيال المستقبلية ، وأهمية حماية البيئة من ملوثاتها. كما كان من نتائج تلك المؤتمرات والضغط الناتجة عن نداءات ومطالبات المنظمات غير الحكومية الأثر الكبير الدافع للحكومات فى أن تتخذ بالتشريع ما يكفل حماية البيئة والحد من تلوثها ، وأن تبرم مع غيرها من الحكومات الإتفاقيات الدولية التى تكفل منع التلوث وانتقال أضراره من مكان فى العالم إلى مكان آخر.

التشريعات المصرية كانت مبدئية فى العمل على حماية البيئة إلا أنه وللأسف الشديد لم يكن لها أثر من قوانين وما تشمله من عقوبات على المخالفين ما يردع بما فيه الكفاية ، ولم يكن التنفيذ لتلك القوانين صارماً للدرجة التى تحذ الناس من مخالفتها وإنتهاكها. نذكر فيما يلى بعضاً من تلك التشريعات.
- القانون رقم 453 لعام 1945 والمعدل بالقانون 359 لعام 1956 والخاص بتحديد الأتربة والأبخنة التى تتصاعد من بعض المحال التجارية والصناعية.

2 - القانون رقم 45 لعام 1949 الذى ينظم إستخدام مكبرات الصوت ، وبمقتضاه يحظر إستعمال أو تركيب مكبرات الصوت سواء فى المحال العامة أو الخاصة أو فى المنازل أو فى الحفلات ، كما يجب أن لا يستعمل مكبر الصوت إلا فى مكان لا يقل عن 200 متر مربع وأن لا يتجاوز صوته الحضور.

3 - القانون رقم 372 لسنة 1956 ، وبمقتضاه يحظر التدخين فى الأماكن العامة المغلقة .

القانون رقم 38 لعام 1967 والخاص بالنظافة العامة .

القرار الجمهورى رقم 846 لسنة 1969 والخاص بإنشاء لجنة عليا لحماية الهواء من التلوث ، والذى أتبع بصدر قرار من وزير الصحة عام 1971 بتحديد المعايير الواجب توفرها فى الهواء النظيف ، وقد أُنشئ بعد ذلك سنة 1994 جهاز لشئون البيئة بغرض حماية وتنمية البيئة ، ثم أخيراً سنة 1997 أنشئت وزارة لشئون البيئة .

6 - القانون رقم 137 لعام 1981 ، والخاص بتنظيم العمل ، وبمقتضاه يتوجب على أية منشأة توفير وسائل السلامة والأمان والصحة المهنية فى أماكن العمل.

7 - القانون رقم 48 لسنة 1982 فى شأن حماية نهر النيل والمجارى المائية من التلوث ، وفيه يحظر صرف المخلفات الصناعية والصحية فى المجارى المائية إلا وفقاً لضوابط خاصة.

القانون رقم 4 لسنة 1994 فى شأن حماية البيئة من التلوث ، متضمناً العديد من الأحكام التى تضمنتها تشريعات سابقة ، ومغلظة العقوبات عن سابقتها ، وذلك حتى تكون رادعة للمخالفين ولحماية الإنسان من المخاطر التى تنتج عن تلوث البيئة.

وبمقتضى القانون الأخير أصبحت المنشآت ملزمة بإتخاذ الإجراءات الضرورية لمنع إنبعاث وتسرّب ملوثات الهواء بما يجاوز الحدود القصوى المسموح بها ، كما يحظر القانون إستخدام آلات أو محركات أو تسيير مركبات ينتج عنها عوالم تجاوز حدود المسموح ، كما يمنع القانون إلقاء أو حرق قمامة أو

مخلفات صلبة إلا في الأماكن المخصصة لذلك ، وعلى أن تكون بعيدة عن المناطق السكنية والصناعية والزراعية والمجاري المائية. كذلك فقد حظر القانون رش أو استخدام مبيدات الآفات أو أية مركبات كيميائية أخرى لأغراض الزراعة أو الصحة العامة أو غير ذلك إلا بعد مراعاة الشروط والضوابط والضمانات التي تحددها اللائحة التنفيذية ، كما حظر القانون تداول المواد والنفايات الخطرة بغير ترخيص. وطبقاً للقانون يراعى أن تكون مجموع الأصوات المنبعثة من المصادر الثابتة في نطاق المسموح به. كذلك فقد حظر القانون التخزين في وسائل النقل العام وفي الأماكن العامة المغلقة إلا في حدود أماكن مخصصة لذلك. وحظر القانون على جميع السفن أيا كانت جنسيتها تصريف أو إلقاء الزيت * أو المزيج الزيتي ** في المياه الإقليمية ، كما يحظر القانون تصريف مياه الصرف الصحي الملوثة وكذلك القمامة والفضلات داخل المياه الإقليمية.

وقد صدرت اللائحة التنفيذية لهذا القانون في أبريل سنة 1995 ، وسمح للمنشآت القائمة وقت صدور القانون بثلاثة سنوات من ترخيص صدور اللائحة لتوفيق أوضاعها.

وقد بينت اللائحة التنفيذية طريقة تقييم الآثار البيئية للمنشآت والمشروعات. حيث قسمت المشروعات إلى ثلاثة فئات تبعاً لشدة الآثار المحتملة وأدرجتهم في ثلاثة قوائم ؛ مشروعات القائمة البيضاء وهي ذات الآثار البيئية الضئيلة ، ومشروعات القائمة الرمادية والتي يمكن أن تحدث آثاراً بيئية هامة ، ومشروعات القائمة السوداء والتي ينتج عنها آثاراً بيئية خطيرة.

* يقصد بالزيت جميع أشكال البترول الخام ومنتجاته ويشمل أي نوع من أنواع الهيدروكربونات السائلة أو زيوت التشحيم أو زيوت الوقود والزيوت المكررة وزيت الأفران والقار وغيرها من المواد المستخرجة من البترول أو نفاياته.

** يقصد بالمزيج الزيتي كل مزيج يحتوي على كمية من الزيت تزيد عن 10 جزء في المليون.

9 - وأخيراً صدر قانون الطفل رقم 12 سنة 1996 ، فى ضوء إتفاقية الأمم المتحدة لحقوق الطفل لسنة 1989 ، وقد تضمن فى أحد مواد حظر إضافة أية مواد حافظة أو أية إضافات ينتج عنها تلوث لأغذية الرضع والأطفال.

نأمل فى ضوء ما صدر من توصيات دولية وقوانين ولوائح محلية أن نشهد عصراً جديداً تعود فيه الكرة الأرضية وبينتها إلى نظافتها الأولى بعد أن يتوقف إنتاج مختلف الملوثات ، وقيام مكونات البيئة فى تنظيف نفسها مما أصابها من ملوثات ، حتى تصبح صالحة لإستمرار الحياة وإزدهارها .

المراجع

المراجع العربية

1. أبو السعود ، عبد الطيف (1992) : الوزن من الطاقة . سلسلة العلم والحياة ، القاهرة .
2. إسلام ، أحمد منحت (1990) : تلوث مشكلة العصر . علم المعرفة ، الكويت .
3. الأعرج ، طلعت إبراهيم (1994) : التلوث الهوائي والبيئية . جزء أول وثقى ، سلسلة العلم والحياة ، القاهرة .
4. الأعرج ، طلعت إبراهيم (1994) : التلوث المائي . جزء أول وثقى ، سلسلة العلم والحياة ، القاهرة .
5. حميد ، محمود أحمد (1995) : أهم المشاكل البيئية في العالم المعاصر ، تلوث ، انقراض ، دور المعرفة ، دمشق .
6. شعبان ، سعد (1992) : تعب في القضاء . إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة .
7. طنطاوي ، حامد حسين وسعدون خليفة وأولكس يوسف جرجي (1990) : حماية البيئة من التلوث بالفيروسات ، دار الرقب الجلدية ، بيروت .
8. عبد السلام ، علي زين الدين ومحمد عبد الرزقي عرفات (1992) : تلوث البيئة ضمن المدنفة ، المكتبة الأكاديمية ، القاهرة .
9. العروسي ، حسين (1985) . حماية البيئة من تلوث بالمبيدات الزراعية . فنود الأولى لحماية البيئة ، لها .
10. العروسي ، حسين (1993) : تلوث المزالى . سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية .
11. العروسي ، حسين (1997) : الشمس لم الطاقات وأنظمتها . سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية .
12. العروسي ، حسين (1997) : الماء والحياة . سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية .
13. العروسي ، حسين وسعيد ميخائيل ومحمد علي عبد الرحيم (1996) : مكافحة الأمراض قنباقية . مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية .
14. العروسي ، حسين وسعيد ميخائيل ومحمد علي عبد الرحيم (1997) : أمراض قنبات . دار المطبوعات الجديدة ، الإسكندرية .
15. عريان ، نظمة صبحي (1989) : صحة الإنسان بين الأغذية المحفوظة والمطبوخت ، إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة .
16. لعني ، جورج وهبة (1970) : ماذا نستخرج من البترول . إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة .
17. لعني ، جورج وهبة (1985) : عصر الطاقة الشمسية . إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة .
18. الان ، روبرت — ترجمة نادية القباقي (1977) : تلوث . كشافا الساعا ، ترانسكسيم ، جنيف .

19. لافون ، روبرت - ترجمة موسى بدوى (1977) : أزمة الطاقة . قضايا الساعة ، ترانسيم ، جنيف .
20. النجار ، مبروك سعد (1994) : تلوث البيئة في مصر . المخاطر والطول ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة .

المراجع الأجنبية

1. Abramovitz, I.N. (1996) : Imperiled waters, impoverished future: The decline of freshwater ecosystems. Worldwatch paper 128, Wash.
2. Bernard, H.W. (1980): The greenhouse effect. Bullinger Pub, Mass.
3. Dineley, D. (1974): Earth's voyage through time. Sci. Bo. Cl., Lond.
4. Gardner, G. (1997): Recycling organic wastes, from water pollutant to farm resource. Worldwatch paper 135, Wash.
5. Gofman, J.W. (1983) : Radiation and human health. Pantheon Bo., N.Y.
6. Gordon, G.&L. Gordon (1984) : The sky will be blue, Mir Pub., Moscow.
7. Gore, A. (1992): Earth in the balance: Ecology and the human spirit. Mifflin Co. (ترجمته إلى العربية عواطف عبد الجليل).
8. Holmes G., B.R. Singh & L. Theodore (1993) : Handbook of environmental management and technology. Wiley, N.Y.
9. Insel, P.M. & W.T. Roth (1988) : Core concepts in health. Mayfield Pub. Co., Calif.
10. Martin, J.M. (1991): L'economie mondiale de l'energie. (ترجمته إلى العربية هدى جمال).
11. Platt, A.E. (1996): Infecting ourselves: How environmental and social disruptions trigger disease. Worldwatch paper 129, Wash.
12. Ward, B.& R. Dubos (1973): Only one earth. Sci Bo Cl, Lond.
13. Weber, P. (1993): Abandoned seas, revising the decline of the oceans. Worldwatch paper 116, Wash.
14. WHO (1987): Wastewater stabilization ponds, Alexandria.
15. WHO (1988,1989): Guidelines for drinking water quality. Vol. 1,2 &3, Geneva.
16. WHO (1997): Health and environment in sustainable development, Geneva.

أثر لزين 37	أشعة ميكروويف 189
أحطاب 101 ، 102	إطارات سيارات 230 ، 268
أخشاب 101 ، 102	أفلاتوكسينات 70 ، 71 ، 196
أنوية 65 ، 67 ، 68 ، 106 ، 108	أكاسيد رصاص 262
أذن 213 ، 214	أكسيد كبريت 11 ، 22 ، 94 ، 242 - 244
إرجوت 69	أكسيد كربون 22 ، 85 ، 94 ، 236 - 240
أرز 70 ، 169	أكسيد فيتروجين 11 ، 22 ، 24 ، 27 ، 28 ، 29 ، 85 ، 153 ، 160 ، 166 ، 175 ، 176
أسبرجيلس 70 ، 71	247 - 248 ، 251
أسبستس 28 ، 29 ، 197 ، 228 ، 230 ، 232	أكسيد نحاس 266
273 - 275 ، 288	إكركومين 70
أسبستوس 28 ، 274 ، 275	أكريك 277 ، 288
إستقاه 29	أكريلونتريل 288
أستيل كولين 283	أكسيكلوريد نحاس 266
إسكارس 40 ، 62 ، 74 ، 205	ألكلور 37
أسمدة 65 ، 66 ، 67 ، 130 - 132 ، 196	ألبان 73
أسمنت 230 ، 232	إلتهاب الأذن الوسطى 32
أسمنت أسبستوزي 273	إلتهاب أعصاب 264
إسهال 73 ، 136 ، 205 ، 206	إلتهاب رئوي 32 ، 248 ، 252
إستيلين 98	إلتهاب كبدي 73 ، 138 ، 264
إشعاعات (أنظر تلوث إشعاعي)	ألدرين 42 ، 109 ، 115
أشعة إكس 180	ألومنيوم 44 ، 167 ، 197 ، 286 ، 288
أشعة ألفا 180 ، 181 ، 183 ، 186 ، 200	أمراض الجهاز التنفسي 27 ، 29 ، 32 ، 77 ، 79 ، 136 ، 168 ، 248
أشعة بيتا 180 ، 181 ، 186	أمراض سرطانية (أنظر سرطان)
أشعة تحت حمراء 189 ، 238	أمراض القلب والشرابيين 30 ، 195
أشعة جاما 180 ، 181 ، 189	أمراض نفاقية 211 ، 212
أشعة حرارية 189	أمطار حمضية 87 ، 166 - 172 ، 260
أشعة ضوئية 199	أمونيا 7 ، 29 ، 42 ، 97 ، 135 ، 137 ، 171 ، 241 ، 247 ، 248 ، 249 ، 277
أشعة فوق بنفسجية 33 ، 175 - 179 ، 199 ، 251 ، 252 ، 256	إنتاميبا هستوليتيكا 40
أشعة كهرومغناطيسية 180 ، 189	إنتروبيوم 62
أشعة كونية 180	إندرين 42 ، 109
أشعة مؤينة 186 ، 199	إندوسلفان 116

إنفلونزا 32 ، 79 ، 206 ، 208
 إنكستوما 62 ، 74 ، 136 ، 205

- 205 بق
 بلاستيكا (أنظر لادائن)
 بلاكتونات نباتية (أنظر عوالق نباتية)
 بلهارسيا 39 ، 40 ، 45 ، 74 ، 106 ، 136 ،
 138 ، 202 ، 205 ، 206 ، 209 ، 210
 بلوتونيم 182 ، 184 ، 200 ، 201
 بنات الرادون 183
 بنتازون 37
 بنجر 67 ، 131
 بترانثراسينات 30 ، 71
 بنزيرين 30 ، 286
 بنزوات الصوديوم 285
 بنزين 23 ، 30 ، 97 ، 227 ، 228
 بنسيلين 207
 بنسيليوم 70 ، 71
 بويال 116
 بوتاسا كاوية (أنظر إيدروكسيد بوتاسيوم)
 بوتاسيوم 129 ، 285
 بوتان 97
 بورون 167
 بولونيم 188
 بولي إيثيلين 277
 بيروكلورو إيثيلين 227
 بيوتلين 24
 بيوجاز 102 ، 126 ، 143 ، 241
 تأثير صوبي 87 ، 153 - 165
 238 ، 240 ، 241
 تنقب الأنف 29
 تخلف عتلى 265
 تدخين 30 - 32 ، 76 ، 183 ، 194 ، 195 ،
 197 ، 200 ، 237 ، 295
 تدخين ملى 30
 تدوير القمامة 122 ، 127
 تراكوما 87 ، 138 ، 178
 تريهالوميثان 253
 تربة 13 ، 59 - 63
- أوزون 12 ، 17 ، 22 ، 24 ، 47 ، 141 ،
 153 ، 173 ، 179 ، 247 -
 248 ، 251 ، 253 ، 294
 أول أكسيد الكربون 30 ، 72 ، 94 ، 99 ،
 229 ، 236 ، 238 ، 269 ، 291
 أول أكسيد الكلور 256
 أيبولا 211
 إيثان 97
 إيثيلين 98 ، 277
 إيدروجين 7 ، 92 ، 94 ، 97 ، 104 ،
 163 ، 241 ، 276
 إيدروكسيد البوتاسيوم 285
 إيدروكسيد الصوديوم 283 ، 284
 إيدز 138 ، 211
 إيزوسيانات الميثيل 26 ، 116
 باننجان 264
 باراثيون 108
 بارا نيكلوروبنزين 115 ، 227
 بارود 86
 بايجون 111
 بترول 27 ، 49 ، 50 ، 53 ،
 95 - 99 ، 242 ، 296
 البحر الأبيض المتوسط 49 ، 55 - 57
 البحر الأحمر 57
 بحيرة فيكتوريا 43 - 45
 براغيث 205
 براكين 21 ، 242 ، 245
 برك إستقرار 141 - 143
 بروبان 97
 بروكلى 196
 بروميد الرصاص 263
 بريلايم 22 ، 29 ، 30 ، 287
 بريون 74
 بملة 63
 بطاطس 264
 بعوض 100 ، 111 ، 205 ، 208 ، 209

ثالث أكسيد الكبريت 27 ، 28 ، 172 ،
 243 - 244
 ثلثي أكسيد السليكون (أنظر سليكا)
 ثلثي أكسيد الكبريت 229 ، 242 - 243 ،
 253 ، 269 ، 281
 ثلثي أكسيد الكربون 7 ، 9 ، 76 ، 99 ،
 135 ، 153 - 162 ، 166 ، 169 ،
 238 - 240
 ثلثي أكسيد النتروجين 28
 ثرى مايلز ليند 185
 ثقب الأوزون 14 ، 87 ، 161 ، 173 - 179 ،
 199 ، 253 ، 258
 ثنائى فليل الفرنيق 260
 ثلثي فليل عديد الكلور 42
 ثوريوم 181 ، 183 ، 200
 جازولين (أنظر بنزين)
 جاملكسان 109
 جديرى 206
 جلاتامات الصوديوم 228
 جمرة خبيثة 32 ، 138
 جنگجو بيلوبا 233
 جنون البقر 74
 حبوب لقاح 21 ، 205 ، 230 ، 231
 حديد 44 ، 167 ، 168 ، 259 ، 269 ، 271 ،
 287 ، 288
 حرب الخليج 27 ، 53 ، 232
 الحرب العراقية الإيرانية 54
 حرب فيتنام 109 ، 110
 حرق القمامة 122 ، 278 ، 295
 حرق لوقود 22 ، 42 ، 71 ، 77 ، 85 ، 86 ،
 89 - 105 ، 156 ، 197 ، 215 ، 229 ، 237 ،
 238
 حصامية 78 ، 145 ، 228 ، 231
 حشرات 78 ، 106 ، 120 ، 205
 حصبة 206
 حلم 78
 حماة 137 - 139

ترافلس (أنظر كمأة)
 تشرنوبل 26 ، 63 ، 71 ، 86 ، 185 ، 200
 تشريعات 293 - 297
 تصحر البحار 58
 تغير للرنه 28 ، 29 ، 287
 نظفون 277
 تكلس الرنه 232
 تلوث إيسعاعى 55 ، 63 ، 71 - 72 ، 180 -
 189 ، 199 - 201 ، 224
 تلوث بيولوجى 40 ، 44 ، 45 ، 62 ، 69 -
 71 ، 205 - 212
 تلوث تربة 14 ، 15 ، 59 - 63
 تلوث حرارى 221 - 222
 تلوث داخلى 76 - 81
 تلوث سمعى 80 ، 87 ، 213 - 220 ،
 295 ، 296
 تلوث الغذاء 64 - 75 ، 297
 تلوث الفضاء 223 - 224
 تلوث كهرومغناطيسى 189 ، 199
 تلوث كيميائى 40 ، 42 ، 68
 تلوث معدنى 227 - 228
 تلوث مياه بحار ومحيطات 15 ، 48 - 58 ،
 293
 تلوث مياه عذبة 34 - 47 ، 202 ، 295
 تلوث ناتج عن الصناعة 145 - 149
 تلوث هوا 14 ، 15 ، 17 - 33 ، 295
 تلوث وراثى 57
 تآليف غشاء للرنه 29
 تآليف كبدى 264
 تمثيل ضوئى 154 ، 238
 تمثيل كلوروفيللى (أنظر تمثيل ضوئى)
 تنقية مياه الشرب 46 - 47
 توكسافين 42
 توكسينات فطرية 196
 تيتانوس 62 ، 138
 تيفود 73 ، 136 ، 206

ذهب 259 ، 288
 رابع إيثيل الرصاص 22 ، 98 ، 263
 رابع كلوريد الكربون 254
 رابع ميثيل الرصاص 263
 رادون 181 ، 183 ، 200 ، 201
 راديوم 181 ، 183 ، 184 ، 188 ، 200 ، 201
 ربو 28 ، 168 ، 231 ، 248 ، 252
 رصاص 23 ، 24 ، 42 ، 44 ، 68 ، 86 ،
 167 ، 181 ، 198 ، 230 ، 261 - 265 ،
 271 ، 288
 رواندا 42 ، 45
 روث الحيوانات 102
 ريزوبيم 246
 زئبق 24 ، 42 ، 44 ، 68 ، 167 ،
 259 - 261 ، 271 - 272 ، 288
 زرينخ 22 ، 29 ، 42 ، 44 ، 168 ، 259
 زرينخات الرصاص 112 ، 271
 زرينخات الكالسيوم 112
 زنك 44 ، 167 ، 259 ، 271 ، 287
 زيت البترول (أنظر بترول)
 زيت الديزل (أنظر ديزل)
 سلاسل كلوروينزين 42
 سارين 283
 سالمونيللا 40
 سحار قطنى 28
 سرطان 29 ، 65 ، 68 ، 70 ، 87 ، 140 ،
 145 ، 181 ، 183 ، 186 - 189 ، 190 -
 202 ، 228 ، 232 ، 249 ، 253 ، 269 ، 272 ،
 279 ، 274
 سفن 111 ، 116
 سكرين 65
 سل 32 ، 206 ، 208 ، 209
 سلسلة الغذاء 52 ، 136 ، 260
 سلفوتون 115
 سليكا 28 ، 29 ، 273 ، 275
 سليكاتات 273

حمض سليتيك 288
 حمض سياتيك 289
 حمض فورميك 238
 حمض كبريتوز 243
 حمض كبريتيك 243
 حمض نيتروز 246 ، 249
 حمض نيتريك 246 ، 249
 حمض هيدروسياتييك 288
 حموضة الماء 37
 حمى للدنج 138
 حمى صفراء 106 ، 138
 حمى القش 232
 حمى قلاعية 33 ، 73
 حمى مالطية 73
 الحوت الأزرق 58
 الحوت الرمادى 58
 حيوانات الأليفة 78 ، 205
 خص 62 ، 67 ، 131
 خليج ميناماتا 148 ، 261
 خيار 113 ، 153
 داء الفيل 138
 داء المنشقات (أنظر بلهارسيا)
 دايكلوروفوس 108
 دبال 93
 دبسون 173
 دخان 229 - 234 ، 243 ، 271 ، 294
 دسميل 213
 دوستاريا 73 ، 74
 ديازينون 108
 ديالدرين 42 ، 109 ، 115
 ديدان شريطية 73 ، 205
 ديدان كبدية 74 ، 205
 ديزل 98
 ديوكسان 24 ، 42 ، 109 ، 122 ، 278
 ذباب 205
 ذرة 70 ، 169

عصب سمعي 213	سليكون 273
عضو كورتى 213 ، 214	سليكات الصوديوم 288
عمر النصف 184	سليبيد الايدروجين 288
عناكب 78 ، 106 ، 205	سليبينم 42 ، 44 ، 287 - 288
عولق نباتية 56 ، 167	مولار 97
عيش الغرب 68 ، 69 ، 126	سيانات 289
غاز الخردل 281	سيانيدات 44 ، 288 - 289
غازات سامة 86 ، 281 - 283	سيانيد بوتاسيوم 285
غاز طبيعي 22 ، 99 - 101 ، 183	سيانيد الكلور 281
غبار 24 ، 78 ، 183 ، 229 - 234 ، 269	ميزيم 72 ، 184
فتران 77 ، 106 ، 107 ، 120 ، 205 ، 232 ، 211 ، 206	سيكلامات 65
فيريو كوليرا 40	شاي أخضر 196
فثالات 278	شلال لطفال 32 ، 41 ، 47 ، 62 ، 73
فجع (أنظر كماء)	شيجللا 40
فجل 67 ، 131	ثيمتوسوما 40
فحم 22 ، 46 ، 90 - 94 ، 235 ، 240 ، 242 ، 275 ، 281 ، 283 ، 287	صخور زيتية 89
فحم كوك 92	صراصير 205
فحم نباتي 102	صرف زراعى 12 ، 36 ، 38 ، 45 ، 129 - 132
فريونات (أنظر كلوروفلوروكربون)	صرف صحى 12 ، 35 ، 38 ، 39 ، 45 ، 49 ، 133 - 134 ، 149 ، 277 ، 295 ، 296
فشل كلوى 269	صرف صناعى 12 ، 35 ، 38 ، 45 ، 49 ، 139 ، 140 ، 254 ، 295
فضة 259 ، 265 ، 287 ، 288	صنوبر راتنجى 170
فلل 62	صودا كاوية (أنظر ايدروكسيد الصوديوم)
فلور 254 ، 255	صوديوم 44 ، 284 - 285
فلوريد 44	ضباب دخاني (أنظر ضبخن)
فورمالدهيد 28 ، 29 ، 30 ، 97 ، 241	ضبخن 22 ، 168 ، 251
فورمالدهيد الفينول 278	طاعون 138
فورمالدهيد اليوريا 278	طاعون دملى 107
فوسجين 238 ، 281 ، 282	طاقة حرارية جوفية 103 - 104
فوسفاتات 68 ، 129 ، 143 ، 230	طاقة شمسية 103
فوسفيد زنك 111	طاقة كهربائية أولية 105
فول سودانى 70 ، 196	طفل أزرق 132 ، 249
فيورن 42	طماطم 62 ، 113 ، 153
قرنييط 196	عسر الماء 286

- كلوريد إيدروجين 171
كلوريد صوديوم 254 ، 284
كلوريد الفينيل 122 ، 277 ، 278
كلوريد الكبريل 281
كلوريد الكربونيل (أنظر فوسجين)
كلوريد الميثايل 115
كلوستريديم 206
كمأة 129
كوبلت 24 ، 259 ، 267 ، 271
كوليرا 73 ، 136 ، 138
كومارين 112
كوبيون 109
كيروسين 97
لادن 254 ، 276 - 280 ، 282 ، 288
لندن 196 ، 254
ليسمانيا 138
لين عظام 269
مازوت 98
مالاتيون 105
مييد DDT 42 ، 109 ، 111 ، 254
مييد D - 4 ، 2 ، 109
مييد T - 5 ، 4 ، 2 ، 109
مييدات 15 ، 37 ، 42 ، 60 ، 65 ، 66 ، 67 ،
85 ، 106 - 117 ، 132 ، 133 ، 148 ،
196 ، 197 ، 198 ، 227 ، 260 ، 263 ،
266 ، 271 ، 288 ، 296
مقيموجلوبين 66 ، 132
محسنات الجو 76
محطات توليد الكهرباء 91 ، 156 ، 251
مخليات 65
مخلفات عضوية 101
مرض الربة البنية 275
مرض الربة السوداء 275
مرض سل النحاتين 275
مرض الصقري (أنظر اسبستومز)
مشروم (أنظر عيش الغراب)
- قصدير 259 ، 270
قطن 70 ، 275
قمامة 118 ، 128 ، 278 ، 279 ، 296
قمح 69 ، 169
قمل 205
قتلبل ذرية ونووية 11 ، 12 ، 86 ، 183
قتليل للبحر 57
كلامبيوم 22 ، 24 ، 29 ، 30 ، 42 ، 44 ، 68 ،
167 ، 198 ، 230 ، 259 ، 267 - 269
كالسيوم 44 ، 167 ، 168 ، 286
كفتالوب 113 ، 153
الكبريت ومركباته 242 - 245 ، 381
كيريتات 44 ، 46
كيريتات نحاس 209 ، 266
كيريديد إيدروجين 135 ، 137 ، 172 ، 242
كناركت (أنظر تراكوما)
كحول إيثايل 97
كحول ميثايل 97 ، 241
كربو فيوران 37
كربوكس ميموجلوبين 236 ، 237
للكربون ومركباته 235 - 241
كربونيل النيكيل 236 ، 267
كرفس 67 ، 131
كرنب 62 ، 196 ، 228
كرورم 24 ، 29 ، 30 ، 44 ، 168 ، 230 ،
259 ، 270
كريبتوسبوريم 40
كلب 137 ، 138
كلور 28 ، 29 ، 42 ، 47 ، 79 ، 140 ، 172 ،
253 ، 254 - 258 ، 276
كلوردين 42 ، 109 ، 115
كلورو أسيتوفين 281
كلوروفلوروكربون 115 ، 153 ، 160 ،
161 ، 176 ، 254 ، 256 - 258 ، 294
كلوروفورم 254
كلوريدات 44 ، 46

نحاس 44 ، 168 ، 259 ، 266 ، 270 ، 287 ،
 288
 نحل 255
 نشادر (أنظر لمونيا)
 نفايات مشعة 55 ، 184
 نقرس 264
 نمل 77
 نمل أبيض 160
 نهر لارين 43 ، 116 ، 148
 نهر لرون 261
 نهر كاجيرا 43 ، 45
 نهر نورين 46
 نهر النيل 45 ، 55
 نيكل 22 ، 24 ، 29 ، 30 ، 230 ، 288
 نيكوتين 03
 هالوجينات 254 ، 258
 هباب 85 ، 197
 هبتاكور 42 ، 109 ، 115 ، 116
 هرنر 213
 هرمونات 42 ، 65 ، 66 ، 68 ، 208 ، 219 ،
 228
 هيروشيما 11 ، 86 ، 186 ، 191 ، 200 ،
 201
 هيموجلوبين 66 ، 132 ، 236 ، 237 ، 249 ،
 266
 وفارين 112
 ورد النيل 45 ، 143
 وقود حفري 22 ، 85 ، 89
 وقود بيولوجي متجدد 85 ، 90 ، 101 ، 102
 يود 72 ، 200
 يورانيوم 29 ، 180 ، 183 ، 188 ، 200 ،
 201
 يوريا 241 ، 246

مصائد حيوية 66 ، 67 ، 108 ، 207 ،
 228 ، 208
 معادن ثقيلة 68 ، 140 ، 143 ، 168 ، 232 ،
 259 - 272
 معطرات 76
 مغنسيوم 44 ، 167 ، 168 ، 288
 مكبات اللون والطعم والرائحة 65
 ملاريا 45 ، 106 ، 111 ، 138 ، 162 ،
 206 ، 208 ، 209
 ملامين 277 ، 278
 ملح الطعام (أنظر كلوريد الصوديوم)
 منجنيز 44 ، 167 ، 259 ، 270
 منطقة الأوزون 12 ، 16 ، 17 ، 19
 منظمات صناعية 75 ، 85 ، 133 ،
 149 ، 227 ، 254
 منك بحري 58
 مواد حافظة 65
 موليبدينم 259 ، 266
 مياه بيضاء (أنظر تراكوما)
 ميثان 7 ، 11 ، 92 ، 94 ، 97 ، 99 ، 135 ،
 160 ، 240 ، 241 ، 277
 ميتانول (أنظر كحول ميثايل)
 ميثيل الزئبق 260
 ميركس 42
 ناجساز اكي 11 ، 86 ، 186 ، 191 ، 200 ،
 201
 ناليون 277
 نيتونيم 184
 نتراتات 37 ، 44 ، 66 ، 67 ، 129 ، 143 ،
 196 ، 198 ، 246 ، 249 ، 250
 نتروأمينات 30 ، 66 ، 196 ، 228 ، 249
 نترياكتر 246
 نتروجلسرين 250
 نتروجين ومركباته 246 ، 250
 نتروزومونل 246
 نتراتات 37 ، 44 ، 60 ، 66 ، 132 ، 249 ،
 250



دكتور حسين محمد العروسي

- * دكتوراه نبات - جامعة مانشستر .
- * أستاذ بجامعة الإسكندرية ، الرياض ، الملك فيصل .
- * عميد لكلية العلوم الزراعية والأغذية ، جامعة الملك فيصل .
- * عضو فى الجمعيات العلمية التالية :
 - أمراض النبات المصرية . - وقاية النبات العربية .
 - الميكولوجية البريطانية . - علوم الحياة السعودية .

* مؤلف ومشارك فى تأليف الكتب التالية :

- التلوث المنزلى ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
- الشمس أم الطاقات وأنظفها ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
- الماء والحياة ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
- عالم خفى ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
- الصراع بين الميكروبات والنباتات ، المكتبة الثقافية .
- الإنسان بين الميكروبات والنباتات ، العلم للجميع .
- أمراض الخضر .
- أمراض أشجار الفاكهة .
- مكافحة الأمراض النباتية .
- أمراض النبات .
- عملى أمراض النبات .
- أوقات وأمراض الخضر .
- النبات العام .
- مورفولوجيا وتشريح النبات .
- المملكة النباتية .
- الأطلس النباتى .
- أساسيات علوم النبات .
- دراسات حول الطب الوقائى .

مكتبة المعارف الحديثة

٢٣ ش تاج الرؤساء

سابقا باشا الإسكندرية

٥٨٦٦٩٠٢ - ٥٧٣٦٥٦ ت/

Bibliotheca Alexandrina



0257737